

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
доцент **И.А. Жуков**

---

**Проректор по образовательной**  
**деятельности**  
**Д.Г. Петраков**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

***РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Магистратура
<b>Направление подготовки:</b>	15.04.01 Машиностроение
<b>Направленность (профиль):</b>	Технология автоматизированного машиностроения
<b>Квалификация выпускника:</b>	магистр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент Д.Ю. Тимофеев

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Размерный анализ и синтез технологических процессов»** разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – Магистратура по направлению подготовки «15.04.01 Машиностроение», утвержденного приказом Минобрнауки России от 14 августа 2020 г. №1025;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «15.04.01 Машиностроение», направленность (профиль) «Технология автоматизированного машиностроения».

Составитель \_\_\_\_\_ доцент Д.Ю. Тимофеев

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры машиностроения от 09.02.2023 г., протокол №8.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ д.т.н.,  
доцент

Жуков И.А.

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Цель дисциплины:**

- получение обучающимися компетенций, позволяющих находить рациональные решения при построении размерных технологических цепей и проведении размерно-точностных расчетов технологических процессов изготовления деталей машин

### **Основные задачи дисциплины:**

- изучение правил базирования и задач выбора технологических баз для плоскостных элементов и тел вращения
- изучение теории размерных цепей
- овладение методикой построения и расчета технологических размерных цепей
- формирование навыков анализа и синтеза технологических размерных цепей
- формирование способностей для обеспечения должного научного уровня принимаемых решений при проектировании технологических процессов обработки заготовок
- мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в профессиональной области

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Размерный анализ и синтез технологических процессов» относится к обязательной части, основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «15.04.01 Машиностроение» и изучается в 3, 4 семестрах.

Предшествующими дисциплинами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Размерный анализ и синтез технологических процессов» являются Научные основы технологии машиностроения

Научные основы современного машиностроения

Учебная практика - ознакомительная практика - Первая учебная практика

Учебная практика - научно-исследовательская работа - Вторая учебная практика.

Дисциплина «Размерный анализ и синтез технологических процессов» является основополагающей для изучения следующих дисциплин Производственная практика - преддипломная практика - Преддипломная практика. Выполнение и защита выпускной квалификационной работы

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Процесс изучения дисциплины «Размерный анализ и синтез технологических процессов» направлен на формирование следующих компетенций:

<b>Формируемые компетенции</b>		<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
<b>Содержание компетенции</b>	<b>Код компетенции</b>	
<i>Способность на основе имеющейся информации проводить выбор оборудования, серийно изготавливаемого инструмента, необходимых для выполнения разработанных операций технологического процесса изготовления изделий машиностроения высокой сложности</i>	<i>ПКС-4</i>	<i>ПКС-4.5. Умеет выбирать стандартные инструменты, необходимые для реализации разработанных технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности</i>
<i>Способность применять современные методы технологических расчетов значений припусков, промежуточных размеров на обработку поверхностей заготовок деталей машиностроения высокой сложности, а также рациональных технологических режимов работы при проектировании операций их изготовления, в том числе с применением САРР-систем</i>	<i>ПКС-5</i>	<i>ПКС-5.3. Умеет устанавливать технологические режимы технологических операций для реализации изготовления деталей машиностроения высокой сложности, в том числе, с применением САРР-систем</i>

<b>Формируемые компетенции</b>		<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
<b>Содержание компетенции</b>	<b>Код компетенции</b>	
Способность осуществлять выполнение технических	ПКС-2	ПКС-2.2 - Знает принципы выбора технологических баз и схем базирования

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
требований, предъявляемым к сложным деталям машиностроения, на основе проведенного анализа их конструкции и обоснованном выборе схем базирования и закрепления на операциях технологического процесса		заготовок
		<p>ПКС-2.4 - Умеет выбирать схемы базирования и закрепления заготовок деталей машиностроения высокой сложности</p> <p>ПКС-2.6 - Умеет осуществлять выбор схем контроля технических требований, предъявляемых к деталям машиностроения высокой сложности</p>
Способность применять современные методы разработки единичных технологических процессов изготовления изделий машиностроения высокой сложности, включая методы автоматизированного проектирования	ПКС-3	ПКС-3.2 - Знает методику проектирования технологических процессов и операций
		ПКС-3.5 - Умеет разрабатывать маршруты обработки отдельных поверхностей заготовок, маршрутные технологические процессы и операционные технологические процессы изготовления деталей машиностроения высокой сложности, в том числе с использованием САРР-систем
Способность применять современные методы технологических расчетов значений припусков, промежуточных размеров на обработку поверхностей заготовок деталей машиностроения высокой сложности, а также рациональных технологических режимов работы при проектировании операций их изготовления, в том числе с применением САРР-систем	ПКС-5	ПКС-5.1 - Умеет проводить расчет точности обработки при проектировании операций изготовления деталей машиностроения высокой сложности
		ПКС-5.2 - Умеет проводить расчет значений припусков и промежуточных размеров на обработку поверхностей машиностроительных изделий высокой сложности, в том числе, с применением САРР-систем
		ПКС-5.4 - Умеет рассчитывать погрешности обработки при выполнении операций изготовления деталей машиностроения высокой сложности

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам	
		3	4
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>52</b>	<b>28</b>	<b>24</b>
Лекции (Л)	26	14	12
Практические занятия (ПЗ)	26	14	12
Лабораторные работы (ЛР)			
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>56</b>	<b>26</b>	<b>30</b>
Подготовка к практическим занятиям/семинарам	26	14	12
Расчетно-графическая работа (РГР)	18	6	12
Работа в библиотеке	6	3	3
Подготовка к зачету/дифф.зачету/экзамену	6	3	3
<b>Промежуточная аттестация – экзамен (Э)</b>			
Общая трудоемкость дисциплины (ак. час.)	108	54	54
Общая трудоемкость дисциплины (зач. ед.)	3	2	1

### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

#### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
1.	Раздел 1. Понятийные основы теории геометрической взаимосвязи теорий базирования и размерных цепей	20	14	-	-	6
2.	Раздел 2. Исследование Т-систем	34	-	14	-	20
3.	Раздел 3. Научные основы структурного и параметрического синтеза и анализа	54	12	12	-	30
	<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>-</b>	<b>56</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоёмкость в ак. часах
1	Раздел 1.	Общие положения и понятия о геометрических связях.	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
	Понятийные основы теории геометрической взаимосвязи теорий базирования и размерных цепей	Топологическая связь, геометрическая связь и кинематическая связь взаимодействующих объектов. Модели возможных ситуаций геометрической взаимосвязи объектов. Разновидности геометрических связей встречаются в Т-системах. Классификация пар сопряжения и их «модели ограничений». Классификация размеров и процедур выбора РНОМ в Т-системах.	
2	Раздел 1. Понятийные основы теории геометрической взаимосвязи теорий базирования и размерных цепей	Обобщенные понятия «базирования» и «база». Содержание понятия «объект базирования», данное в определениях, строго ограничена в сфере использования понятия рамками «объекта производства: заготовка, изделие». При этом средства производства (станок, приспособление, инструмент и т.д.) при исследовании взаимосвязи в гетерогенных «Т-системах преобразования», скажем в ТСО, не могут выступать в функции «объекта базирования». Это подтверждается в ходе исследования конкретных Т-систем такого вида. То же можно сказать и при исследовании гомогенных систем ТСД, ТСЗ применительно к их элементам. Отсюда следует, что приведенные в ГОСТ определения всего лишь частные понятия. Понятия «базирующего объекта» (базы). В первом общем определении не оговорено, т.к. виртуальное понятие «система координат» в априори не может выполнять такую функцию в рассматриваемой задаче. Базирование согласно 1 ГОСТ 21495-76 затрагивает «геометрические связи» и прежде всего бинарные между объектами, один из которых выполняет при этом роль «базирующего», другой – «базирваемого». Этот тезис справедлив для всех уровней иерархической структуры любой Т-системы. Поэтому некорректно говорить о «геометрической связи» между «реальным и виртуальным» объектами.	2
3	Раздел 1. Понятийные основы теории геометрической взаимосвязи теорий базирования и размерных цепей	Общие положения в постановке «задач базирования» «Задачи базирования» охватывают проблему исследования геометрической взаимосвязи объектов с учётом и «отношений» между ними в рамках рассмотрения любой из Т-систем техносферы. При этом затрагиваются как этапы и процедуры синтеза структур на стадиях проектирования Т-систем, так и анализа их с широким спектром целей исследования. «Задачи базирования» при проектировании ТСПИ на всех её уровнях охватывают как процесс	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		<p>синтеза всех структур связей между элементами, так и анализа принимаемых при этом решений. Характерные априори функциональная и геометрическая обособленности каждой из Т-систем достигаются взаимоориентацией с помощью структуры геометрических связей их элементов внутри занимаемого самой системой пространства. Наличие такого свойства ограничивает область поиска и выбора объектов в «задачах базирования» составом Э этих систем. При характеристике «отношений» между элементами в такой структуре наличие ПЭ означает однозначное распределение функций базирования между ними с учётом их связности С (степени вершины). При этом распределении следует подчеркнуть, что в составе рассматриваемой структуры связей Э этой системы нет Э, выполняющего функцию его базы (о чём формально свидетельствует первый разряд его показателя связности ) и он будет, в случае необходимости, «отыскиваться» во «внешнем окружении» уже в ходе макроисследования.</p>	
4	<p>Раздел 1. Понятийные основы теории геометрической взаимосвязи теорий базирования и размерных цепей</p>	<p>Классификация «задач базирования» Исходя из общего понятия «базирование объекта» рассматриваемая задача затрагивает в простейшем случае геометрическую связь и отношение, на языке математики - определённый тип соответствия, между двумя объектами, разделяемыми функционально на «объект базирования» (ОББАЗ) и «базирующий объект» (БАЗОБ). Структурируя содержательную сторону рассматриваемой задачи, выделим в ней две характерные части. Первая затрагивает постановку задачи и описание её условия, прежде всего, конкретизацией ОББАЗ, вторая, процедурная, осуществляющая поиск среди состава объектов, образующих, в понятиях системного подхода, «окружение» первого и выбор в нём БАЗОБ, что следует понимать, как назначение между ними бинарной геометрической связи с соответствующим «отношением» и параметром размера связи. Применительно к комплексному исследованию Т-системы проблема решения «задачи базирования» значительно усложняется, ибо в её постановке речь уже идёт о назначении (синтезе) или анализе структуры геометрических связей и отношений между всеми её Э или некоторой их</p>	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		совокупностью, а не только между двумя их представителями. Следовательно, проблема здесь охватывает уже некоторое множество простейших бинарных задач, рассмотрение которых должно вестись комплексно и естественно в определенной последовательности.	
5	Раздел 1. Понятийные основы теории геометрической взаимосвязи теорий базирования и размерных цепей	<p>Общие понятия теории размерных цепей</p> <p>В качестве определяющего в ходе исследования выделяем функциональный аспект, позволяющий классифицировать исследуемый объект и обеспечить должную комплексность его изучения. Проявление функциональности, как системного свойства, многогранно. При изучении морфологии объекта выявляются структурные образования, принятые называть в научно-технической литературе <u>функциональными цепями</u>. Уже само это название свидетельствует о наличии у них проявления двух важных сторон свойства: функциональной определённости и обособленности, в частности геометрической. Так, в общем случае таковыми можно назвать элементы любой иерархической системы, как гомогенные, например ТСД, ТСЗ, так и гетерогенные – ТССЕ. Именно им присущи свойства и функциональной обусловленности, целесообразности, определённости и они конструктивно оформлены обособленными образованиями.</p> <p>Рассмотрим две разновидности проявления функциональных цепей: кинематическая и размерная.</p> <p>В период статической фазы существования Т-системы или её отдельных структурных образований необходимо выделить геометрическую разновидность связи при выявлении структурных образований, образующих <u>размерные цепи</u>.</p> <p>Цели создания размерных цепей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сущность размерной цепи;</li> <li>- соотношение между элементами размерной цепи;</li> <li>- виды размерных цепей;</li> <li>- связи между размерными цепями;</li> <li>- методы достижения точности изделий при помощи размерных цепей;</li> <li>- задачи и методы расчёта размерных цепей.</li> </ul> <p>Такой широкий спектр целей объясняется соответствующим кругом задач, решаемых на основе этих знаний в ходе проектирования Т-систем и особенно задач их структурного и</p>	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		<p>параметрического анализа и синтеза.  Размерная цепь – совокупность размеров, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи и образующих замкнутый контур.  Замыкающее звено – звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате её решения</p>	
6	<p>Раздел 1.  Понятийные основы теории геометрической взаимосвязи теорий базирования и размерных цепей</p>	<p>Параметрические модели размерных цепей  К общим характеристикам Т-систем, относится такой показатель качества, как точность параметрической характеристики каждого её свойства, как меры изменчивости его в определённых границах для всех конкретных представителей множества исследуемой Т-системы. В общем случае она описывается граничными значениями параметра <math>A = [A_{\text{мин}}; A_{\text{макс}}]</math> и такой относительной величиной меры изменчивости, как <math>\Delta A = A_{\text{макс}} - A_{\text{мин}}</math>. Рассматривать и описывать точность параметров размеров можно и нужно с двух сторон, используя понятия: для описания требований <math>\Delta A \rightarrow IT_A</math> – <b>допуск параметра</b>, а для описания возможностей <math>\Delta A \rightarrow \omega_A</math> – <b>погрешность параметра</b>.  Учитывая системность, отсюда множественность понятий «параметр» и «точность», как мера его изменчивости, временной и целевой факторы. Таким образом следует различать три категории точности: задаваемая (требуемая), действительная и ожидаемая.</p>	2
7	<p>Раздел 1.  Понятийные основы теории геометрической взаимосвязи теорий базирования и размерных цепей</p>	<p>Методика расчёта размерных цепей  Параметрические модели размерных цепей  К общим характеристикам Т-систем, относится такой показатель качества, как точность параметрической характеристики каждого её свойства, как меры изменчивости его в определённых границах для всех конкретных представителей множества исследуемой Т-системы. В общем случае она описывается граничными значениями параметра <math>A = [A_{\text{мин}}; A_{\text{макс}}]</math> и такой относительной величиной меры изменчивости, как <math>\Delta A = A_{\text{макс}} - A_{\text{мин}}</math>. Рассматривать и описывать точность параметров размеров можно и нужно с двух сторон, используя понятия: для описания требований <math>\Delta A \rightarrow IT_A</math> – <b>допуск параметра</b>, а для описания возможностей <math>\Delta A \rightarrow \omega_A</math> – <b>погрешность параметра</b>.</p>	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		Учитывая системность, отсюда множественность понятий «параметр» и «точность», как мера его изменчивости, временной и целевой факторы. Таким образом следует различать три категории точности: задаваемая (требуемая), действительная и ожидаемая.	
<b>Итого (3 семестр):</b>			<b>14</b>
<b>4 семестр</b>			
8	Раздел 3. Научные основы структурного и параметрического синтеза и анализа	<p>Научные основы структурного и параметрического синтеза и анализа</p> <p>Введение в состав Т-систем динамично изменяющейся ТСЗ, материализующей цели ТП уже с учётом времени и места их достижения, изучение её особенностей позволяет выявить потенциальную возможность многовариантности выбора решений при проектировании ТП, а, следовательно, необходимость аргументации такого выбора. Для этого необходимо:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) осуществить выбор критерия оценки рациональности принимаемых решений;</li> <li>2) выявить факторы, влияющие на выбор критерия, характер и закономерности такого влияния.</li> </ol> <p>Системное исследование ТП как объекта проектирования позволяет выделить взаимодействие охватываемых проблемой технических систем, описываемое в общем виде отношением типа</p> $ТСД \xleftarrow{R_1} ТСЗ \xleftarrow{R_2} \langle ТСО_i \rangle,$ <p>где <math>R_1, R_2</math> - операторы преобразования, характеризующие в общем случае неоднозначное соответствие между системами.</p> <p>Указанные отношения систем проявляются, в частности, в подобном отношении их геометрических структур</p> $G(\mathcal{E}_\gamma; K) \xleftarrow{R_1} G(\mathcal{E}_{\gamma v}; T) \xleftarrow{R_2} \langle G_i(\mathcal{E}; P) \rangle,$ <p>где <math>G(\mathcal{E}_\gamma; K)</math>; <math>G(\mathcal{E}_{\gamma v}; T)</math>; <math>G_i(\mathcal{E}; P)</math> - модели структур геометрических связей соответственно ТСД, ТСЗ и <math>\langle ТСО_i \rangle</math>.</p> <p>Последнее выражение иллюстрирует существо выделяемой при проектировании ТП задачи синтеза структур, моделируемых графами <math>G(\mathcal{E}_{\gamma v}; T)</math> и <math>G(\mathcal{E}; P)</math> и поиска оптимальных среди возможных многочисленных решений.</p> <p>Закономерности синтеза оптимальных структур составляют основу теории базирования в технологии машиностроения. Рекомендации для принятия решений при синтезе структур</p>	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		<p>формулируются как два принципа: совмещения (единства) и постоянства баз.</p> <p>Необходимо раскрыть поиск оптимальных решений при синтезе структуры геометрических связей ТП.</p> <p>Понятие «размерная цепь» представляет модель геометрической взаимосвязи элементов соответствующей Т-системы, имеющих общую функцию их взаимного положения.</p> <p>Единый принцип оптимизации задач синтеза структур ТСЗ и <math>\langle TCO_i \rangle</math>, известный как принцип минимизации состава размерных цепей, описывающих закономерности геометрических связей рассматриваемых Т-систем.</p> <p>Кроме этого принципа, затрагивающего техническую сторону принимаемых решений и имеющего двойное проявление, необходимо учитывать и экономическую сторону рассматриваемой проблемы. Принцип, обеспечивающий оптимальность решений, с учетом этой стороны, можно сформулировать как частный принцип минимизации числа операций в составе ТП (принцип концентрации организационно-плановой структуры ТП).</p> <p>Совместное выполнение обоих принципов не всегда удается, что служит наглядным и очень важным показателем при оценке технологичности конструкции подлежащей изготовлению детали.</p>	
9	Раздел 3. Научные основы структурного и параметрического синтеза и анализа	<p>Методика структурного и параметрического анализа</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Учитывая взаимосвязь задач анализа и синтеза при проектировании ТП совместим на одной схеме полученные ранее модели исходной ТСД (рис.) и проектируемой ТСЗ (рис.).</li> <li>2. Проверить реализацию в рассматриваемом примере принципов совмещения (единства) и постоянства баз. В случае нарушения принципа объяснить причину. В ходе анализа принять во внимание относительность понятия «объект базирования» и раскрыть его содержание. Указать по каким характеристикам проектируемых систем (ТСЗ, TCO, ТП) проводим оптимизацию. Фиксируем результаты анализа и отмечаем, какие препятствия, на наш взгляд, стоят на пути безусловного обеспечения обоих принципов.</li> <li>3. Для понимания сущности синтеза структуры (геометрических связей ТСЗ, закономерностей взаимосвязей элементов ТСЗ, учитываемых при синтезе, принципов принятия эффективных</li> </ol>	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		<p>решений) совместим структуры геометрических связей ТСД и ТСЗ.</p> <p>4. Обратить внимание на различие мощностей множеств элементов ТСД и ТСЗ.</p> <p>5. Рассчитать полученные размерные цепи, используя необходимые справочные данные. При этом учтите следующие особенности.</p> <p>6. Все рекомендации, предложенные выше, справедливы и для совокупности элементов вращения, но с учетом специфики их моделирования: выделения внутри- и межэлементных геометрических связей.</p>	
10	Раздел 3. Научные основы структурного и параметрического синтеза и анализа	<p>Итерационный метод структурного и параметрического синтеза и анализа</p> <p>Опыт алгоритмизации решения сложных задач с учетом сущности процесса проектирования, особенностей самого объекта проектирования свидетельствует о рациональности использования принципа декомпозиции сложной задачи. Этим объясняется итерационность процесса решения, направления, развития которого диктуется спецификой рассматриваемой задачи. Ранее для сложной многовариантной задачи построения структуры геометрических связей проектируемой ТСЗ была показана целесообразность дедуктивного развития процесса решения. Сформулированы основополагающие рекомендации для принятия решений при генерировании структуры связей в форме двух «правил базирования».</p> <p>Для применения указанных рекомендаций проведем синтез структуры геометрических связей <math>\mathcal{E}^{пл} \subset \mathcal{E}/ТСЗ</math> по укрупненной методике для рассматриваемой ТСД и варианте ТП ее изготовления. Из многовариантности решений следует выбор одного. Предлагаемый метод структурирования позволяет упорядочить процесс выбора, предопределяя возможность его алгоритмизации, а следовательно, и автоматизации.</p> <p>Используемый прием рассмотрения одного и того же исходного условия проектирования с сопоставлением неверного решения с сформированным по определенному методу позволяет понять сложность проблемы и особенности алгоритма ее решения.</p> <p>Проектирование ТСЗ предполагает учет необходимости:</p> <p>а) заданной конструктором структуры взаимосвязи <math>\mathcal{E} \subset ТСД</math>;</p>	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		<p>б) заданных конструктором требований к состоянию элементов;</p> <p>в) наличия технологической наследственности в процессе обработки.</p> <p>Все сказанное обеспечивается, если моделью геометрической взаимосвязи ЭСТСЗ служит система размерных цепей, построенных относительно конструкторской структуры связей и припусков.</p> <p>Последовательное рассмотрение этой системы и позволяет назначить параметры связей ЭСТСЗ. Часто в литературе этот процесс называют «расчетом размерных цепей». Однако, корректность такого названия весьма условна, ибо приходится часто корректировать «расчет» с учетом некоторого набора факторов.</p> <p>Пример показывает применение разработанного итерационного метода структурирования в ходе технологического проектирования. В этом типе многочисленного класса задач метод «работает» на выявление «дефектов» в структуре связей разработанной конструктором ТСД, свидетельствующих о ее нетехнологичности и «исправления» их при генерировании структуры связей ТСЗ.</p>	
<b>Итого:</b>			<b>12</b>
<b>Всего:</b>			<b>26</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	2	Исследование Т-системы «предмет производства»	2
2	2	Исследование размерных цепей гетерогенных систем	4
3	2	Исследование структур связей гомогенных систем	4
4	2	Исследование Т-системы «преобразования»	4
5	3	Макроисследование геометрического взаимодействия ТСД и ТСЗ	4
6	3	Макроисследование геометрической взаимосвязи ТСЗ и ТСО	4
7	3	Проведение структурного и параметрического анализа	4
<b>Итого:</b>			<b>26</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции** являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне промежуточной аттестации) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов). Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля

успеваемости

#### 6.1.1. Тематика для самостоятельной подготовки

#### Раздел 1. Понятийные основы теории геометрической взаимосвязи теорий базирования и размерных цепей

1. Что такое геометрическая связь между объектами?
2. Какие разновидности геометрических связей встречаются в Т-системах?
3. Что такое объект базирования и каковы причины относительности его содержания?
4. Какие черты процесса взаимодействия затрагивает понятие базирования?
5. Чем отличается предлагаемое понятие «размерная цепь» от регламентированного?
6. Как классифицируются звенья «размерной цепи»?
7. Какие категории точности используются при проектировании ТП?
8. Что такое «параметр размера» и сколько уравнений «размерных цепей» описывают его разновидности?

#### Раздел 2. Исследование Т-систем

1. Какое содержание вкладывается в понятие «элемент системы» на верхних уровнях строения ТСПП?
2. Какие виды связей между элементами проявляются на этих уровнях членения ТСПП?
3. Какие разновидности геометрических связей проявляются на верхних уровнях строения ТСПП?
4. Каково содержание понятия «объект базирования» на этом уровне анализа системы?
5. Какие разновидности функций базирования выявляются в ходе исследования связей и отношений всего состава Э на каждом уровне строения системы?
6. Сформулируйте понятие Т-системы «деталь».
7. Какое содержание в понятии «элемент детали»?
8. Какие характеристики описывает состояние Э?
9. Каковы особенности геометрических связей и отношений элементов детали?
10. Сформулировать понятие Т-системы «заготовка». Опишите ее морфологию.

11. Чем определяется количество различных состояний и положений отдельного элемента ТСЗ? Каково назначение припуска и его минимальной величины?
12. Какое содержание в понятие «объект базирования» вкладывается при изучении ТСЗ? Сформулируйте на основе общего понятие «технологической базы отдельного элемента ТСЗ». Рассмотрите на примере структуру геометрических связей ТСЗ и охарактеризуйте распределение функций базирования между ее Э.
13. Каково структурное строение ТСЗ с учетом организационно-планового членения ТП? Выделите в рассмотренной в предыдущем вопросе геометрической структуре связи Э отдельных операционных комплексов.
14. Какова структурная модель ТСО? Какие виды связей имеют место между ее элементами?
15. Что выступает в роли объекта базирования при исследовании ТСО?
16. Какие этапы существования ТСО рассматриваются при ее исследовании?
17. Каковы интегральные характеристики ТСО и как они влияют на качество изготавливаемых изделий?
18. Какие погрешности и от чего возникают в каждом звене ТСО? Можно ли управлять точностью обработки?
19. Какие методы настройки ТСО существуют? Их достоинства и недостатки, область применения.

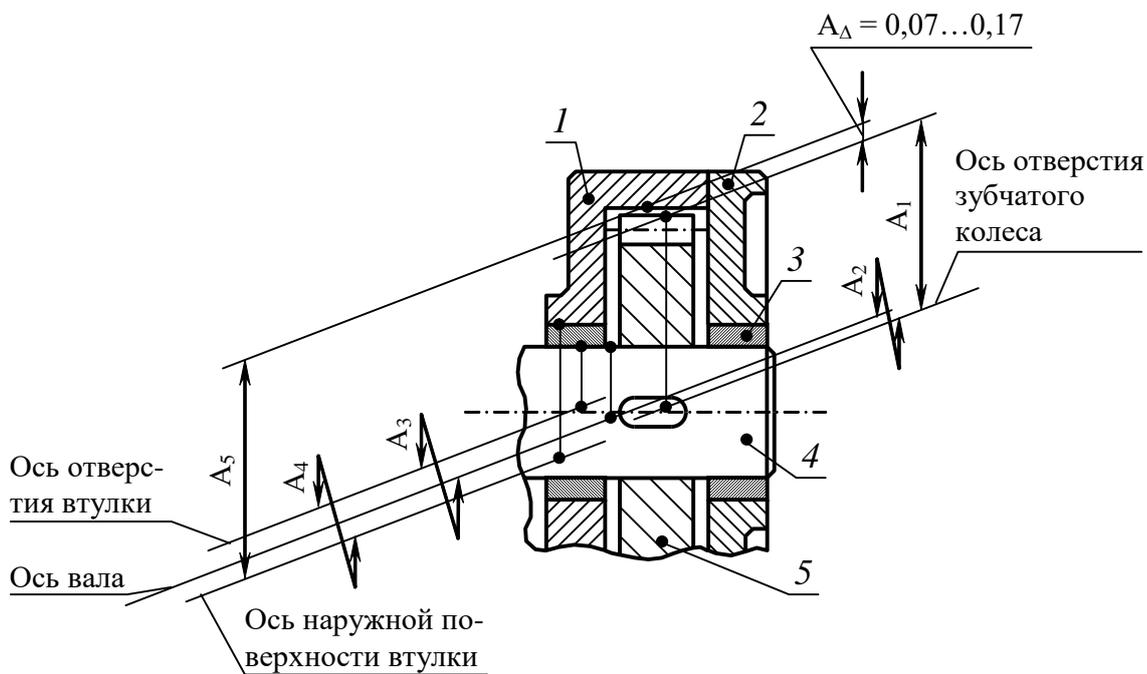
### **Раздел 3. Научные основы структурного и параметрического синтеза и анализа**

1. Сформулируйте задачи размерного анализа и синтеза при проектировании ТП.
2. Какие принципы определяют эффективность решения при синтезе структуры геометрических связей проектируемого ТП?
3. В чем суть эффективного обеспечения принципа совмещения (единства) баз?
4. В чем суть эффективности обеспечения принципа постоянства баз?
5. В чем сложность одновременной реализации всех принципов эффективности?
6. Каковы пути и методы управления ТП?

#### **6.1.2. Примерные задания к зачету и дифференцируемому зачету**

##### **Задача 1**

Провести расчет составляющих звеньев цепи по методу неполной взаимозаменяемости (рис. 1).



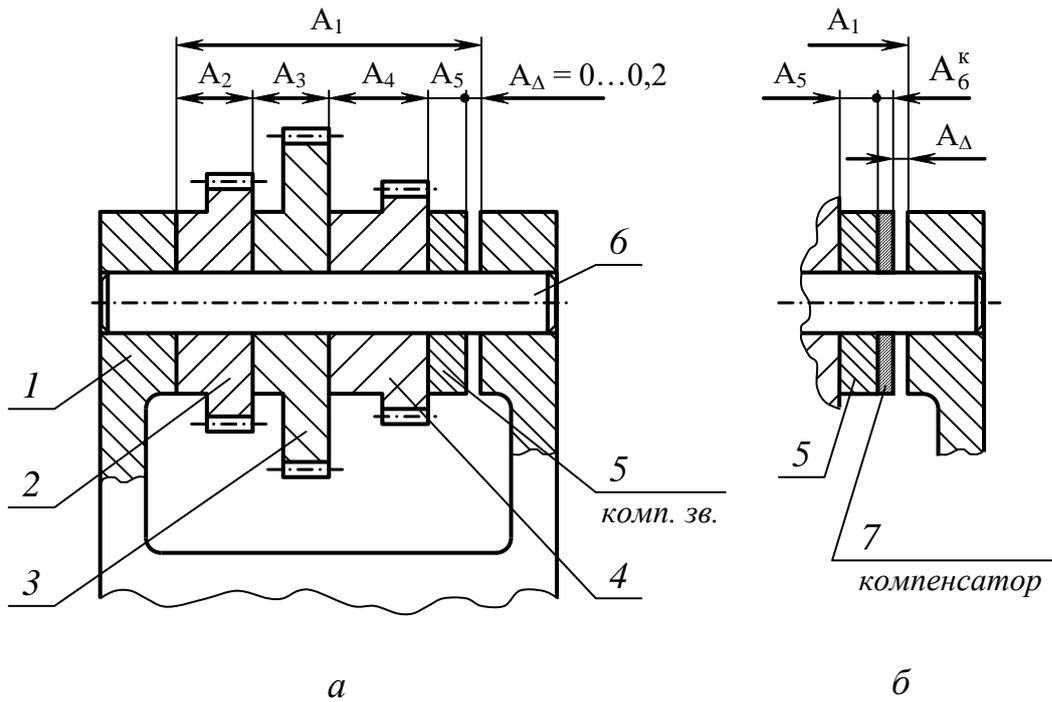
Данные составляющих звеньев цепи

Звено	Номинал, $A_i$ , мм	Допуск, $T A_i$ , мм	Координата середины поля допуска, $E_c A_i$ , мм	Сущность допустимого отклонения
$A_1$	48,75	0,016	-0,008	Отклонения радиуса зубчатого колеса $\varnothing 97,5_{-0,032}$ мм
$A_2$	0	0,03	0	Предельное значение биения вершин зубьев относительно отверстия
$A_3$	0	0,07	0	Верхнее предельное значение зазора в подшипнике: вал - $\varnothing 15h8_{(-0,027)}$ мм и отверстие втулки - $\varnothing 15F8_{(+0,043 / +0,016)}$ мм
$A_4$	0	0,05	0	Предельное значение биения наружной поверхности втулки относительно ее отверстия
$A_5$	48,75	0,062	0,111	Глубина расточки в корпусе $48,75_{+0,08}^{+0,142}$ мм

Рис. 1. Часть общего вида шестеренчатого насоса: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – втулка; 4 – вал; 5 – колесо зубчатое

### Задача 2

Определить размеры компенсатора (рис. 2).



Данные составляющих звеньев цепи

Вариант а			Вариант б		
Размер с отклонениями, мм	Допуск, $\Delta A_i$ , мм	Координата середины поля допуска, $E_c A_i$ , мм	Размер с отклонениями, мм	Допуск, $\Delta A_i$ , мм	Координата середины поля допуска, $E_c A_i$ , мм
$A_1 = 125^{+0,25}$	0,25	0,125	$A_1 = 125^{+0,25}$	0,25	0,125
$A_2 = 20_{-0,13}$	0,13	-0,065	$A_2 = 20_{-0,13}$	0,13	-0,065
$A_3 = 35_{-0,1}$	0,1	-0,05	$A_3 = 35_{-0,1}$	0,1	-0,05
$A_4 = 55_{-0,19}$	0,19	-0,095	$A_4 = 55_{-0,19}$	0,19	-0,095
$A_5 = 15^{+0,53}_{+0,47}$	0,06	0,1	$A_5 = 13_{-0,11}$	0,11	-0,055
			$A_6 = 2$	0,04	

Рис. 2. Часть сборочного чертежа механизма и его размерные цепи



#### Задача 4

Используя размерную схему биений (рис. 4), выполнить расчеты биений элементов в исходной заготовке относительно ее идеальной оси, биений базовых, обрабатываемых и обработанных поверхностей относительно баз системы «Обработка» и между собой, а также определим неравномерности припусков элементов вращения.

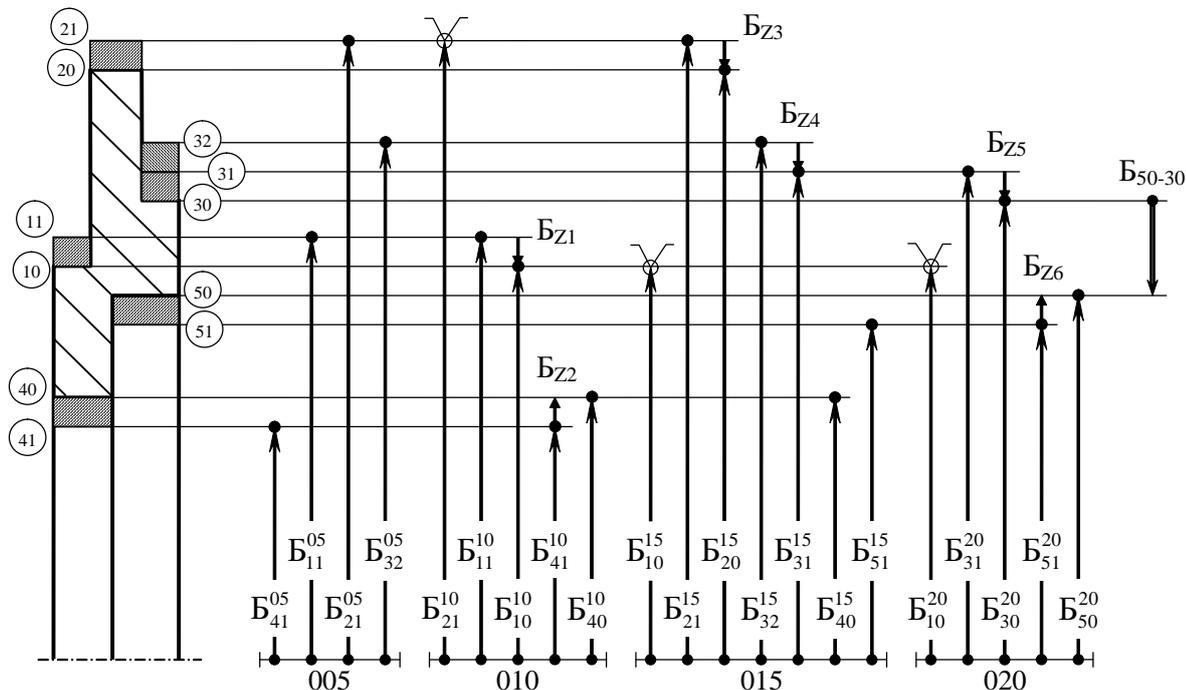


Рис. 4 Схема биений

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачета)

Оценка	Описание
<b>Зачтено</b>	Посещение не менее 85 % лекционных и лабораторных занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
<b>Не зачтено</b>	Посещение менее 50 % лекционных и лабораторных занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

#### 6.3.2. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)

*Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий дифференцированного зачета:*

Оценка			
<b>«2»</b> (неудовлетворительно)	<b>Пороговый уровень освоения</b>	<b>Углубленный уровень освоения</b>	<b>Продвинутый уровень освоения</b>
	<b>«3»</b> (удовлетворительно)	<b>«4»</b> (хорошо)	<b>«5»</b> (отлично)

Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

**Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:**

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	незачтено
51-65	зачтено
66-85	зачтено
86-100	зачтено

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Солодов, М.Д. Размерные цепи в технологических расчетах: учебное пособие / М.Д. Солодов. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 62 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/52234> (дата обращения: 07.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Климов, В.Н. Методика расчетов размерных цепей в приборных устройствах на этапе проектирования: учебное пособие / В.Н. Климов, Е.А. Перминова; под редакцией И.С. Потапцева. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. — 51 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58580> (дата обращения: 07.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Волков, В. М. Расчет и контроль плоских и линейных размерных цепей: учебно-методическое пособие / В.М. Волков, Д.Б. Гриц, Д.В. Тарута. — Омск: ОмГУПС, 2022. — 43 с. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/264392> (дата обращения: 07.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Кочеткова, Т. П. Методы расчёта размерных цепей: учебное пособие / Т.П. Кочеткова. — Санкт-Петербург: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 50 с. — ISBN 978-5-907054-17-2. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122066> (дата обращения: 07.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Парфенопуло, Г. К. Основы метрологии, стандартизации и сертификации. Размерные цепи: учебное пособие / Г. К. Парфенопуло, В.А. Марков, В.А. Соколова. — Санкт-Петербург:

СПбГЛТУ, 2018. — 32 с. — ISBN 978-5-9239-1096-4. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117641> (дата обращения: 07.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Супонина, Н. Ю. Методы расчета размерных цепей: учебное пособие / Н.Ю. Супонина, Л.Г. Черных. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2017. — 32 с. — ISBN 978-5-9239-0936-4. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/92885> (дата обращения: 07.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Кудрявцев, А. В. Основы взаимозаменяемости: учебно-методическое пособие / А.В. Кудрявцев, Л.Г. Муханин, Ю.В. Федоров. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, [б. г.]. — Часть 3: Расчёт размерных цепей — 2010. — 29 с. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/40864> (дата обращения: 07.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Матвеев, В.В. Размерный анализ технологических процессов / В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Ф.И. Бойков и др. — М.: Машиностроение, 1982. — Текст: электронный — URL: <https://lib-bkm.ru/load/11-1-0-2491> (дата обращения: 07.10.2022). — Режим доступа: свободный.

2. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.

3. Допуски и посадки: справочник: в 2 ч. / М.А. Палей, А.Б. Романов, В.Н. Брагинский. — СПб.: Политехника, 2009. — ISBN 978-5-7325-0885-7. Ч. 1. — 9-е изд., перераб. и доп. — 2009. — 530 с.: рис., граф., табл. — Библиогр. в конце глав. — ISBN 978-5-7325-0886-4 (в пер.) URL: [http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set\\_static\\_req&ns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=34%2E41%D1%8F2%2F%D0%9F%20141%2D305222<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set_static_req&ns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=34%2E41%D1%8F2%2F%D0%9F%20141%2D305222<.>) (дата обращения: 10.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Библиотека Гумер - гуманитарные науки — URL: <http://www.gumer.info/>.

2. Библиотека: Интернет-издательство — URL: <http://www.magister.msk.ru/library/>.

3. Европейская цифровая библиотека Europeana — URL: <http://www.europeana.eu/portal>.

4. Мировая цифровая библиотека — URL: <http://wdl.org/ru>.

5. Научная электронная библиотека «eLIBRARY» — URL: <https://elibrary.ru>.

6. Научная электронная библиотека «Scopus» — URL: <https://www.scopus.com>.

7. Научная электронная библиотека ScienceDirect — URL: <http://www.sciencedirect.com>.

8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] — URL: [www.garant.ru](http://www.garant.ru).

9. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» — URL: <http://school-collection.edu.ru/>.

10. Федеральный портал «Российское образование» — URL: <http://www.edu.ru/>.

11. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ) — URL: <http://www.rsl.ru/>.

12. Электронная библиотека учебников — URL: <http://studentam.net>.

13. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукопт» — URL: <http://rucont.ru>.

14. Электронно-библиотечная система — URL: <http://www.sciteclibrary.ru>.

15. Электронно-библиотечная система «Библиокомплектатор» (ЭБС IPRbooks) — URL: <http://www.bibliocomplectator.ru>.

16. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» — URL: <http://biblioclub.ru>.

17. Электронно-библиотечная система «ЭБС IPR Books» — URL: <http://www.iprbookshop.ru/auth>.

18. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» — URL: [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).

19. Электронно-библиотечная система Znanium.com — URL: <http://znanium.com>.

20. Электронно-библиотечная система Лань — URL: <https://e.lanbook.com/books>.
21. Электронный словарь Multitran — URL: <http://www.multitran.ru>.
22. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др

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

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий**

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий**

- доска аудиторная 4-1 шт.
- жалюзи-1 шт.
- кресло преподавателя (сетка, цвет черный)-1 шт.
- подставка под огнетушитель П-15-1 шт.
- рамки 70\*100 (КФО 4)-2 шт.
- рамки 2 70\*100-1 шт.
- стол ученический-9 шт.
- стул-17 шт.

#### **Аудитории для проведения практических занятий**

- доска аудиторная ДА-32 белая-1 шт.
- доска аудиторная 4-2 шт.
- жалюзи вертикальные-6 шт.
- кресло преподавателя (сетка, цвет черный)-2 шт.
- монитор ViewSonic VA1931Wa-2-2 шт.
- мультимедийный комплекс "Тип 2.2"-1 шт.
- огнетушитель ОП-4(з)-АВСЕ-2 шт.
- подставка под огнетушитель П-15-2 шт.
- проектор NEC LT280-1 шт.
- рамки 70\*100 (КФО 4)-10 шт.
- системный блок HP P3400 MT G630 Тип 4-1 шт.
- стеллаж-7 шт.
- стол аудиторный для студентов (Тип 1,2) Canvaro ASSMANN-18 шт.
- стол лабораторный С-1-3 шт.
- стол лабораторный С-2-6 шт.
- стол ученический-14 шт.
- стул-71 шт.
- тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Viteco ASSMANN-1 шт.
- экран 153x153-1 шт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы**

доска аудиторная 4-1 шт., жалюзи-1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный)-1 шт., подставка под огнетушитель П-15-1 шт., рамки 70\*100 (КФО 4)-2 шт., рамки 2 70\*100-1 шт., стол ученический-9 шт., стул-17 шт.

### **8.3. Лицензионное программное обеспечение**

ENVI 4.5 for Win ( система обработки данных )  
Geographic Calculator  
Lab VIEW Professional (лицензия)  
MapEdit Professional  
Microsoft Office Standard 2019 Russian

Microsoft Windows 10 Professional  
Statistika for Windows v.6 Russian (лицензия)  
Surfer 9.1 Win CD  
Vertikal Mapper 3.5  
ГИС MAP Info Pro 2019  
ГИС Mapinfo Professional  
ГИС Mapinfo Professional ( академическая версия )  
ПО тематической обработки изображений ScanEx Image Processor 5.3  
Право на использование дополнительного расчетного блока "Средние" (с тетеоданными для г. Кириши, каменногорск, Пикалево, Ковдор, Челябинск, Кемерово, Норильск)  
Право на использование дополнительного расчетного блока "Средние" (с тетеоданными по г. Апатиты и Мончегорск)  
Право на использование Дополнительного расчетного программного блока "НОРМА"  
Право на использование дополнительного расчетного программного блока "Риски"  
Право на использование программного модуля к УПРЗА "Эколог" 4.0 "Риски" замена с вер. 3.0 под локальный ключ 16542  
Право на использование программы "2-ТП (Водхоз) (вер. 3.1) сетевой ключ 175  
Право на использование программы "НДС-Эколог" (вер.2.7) сетевой ключ 175  
Право на использование программы "НДС-Эколог" (вер.2.7) сетевой ключ 77  
Право на использование программы "Полигоны ТБО" (вер.1.0)  
Право на использование программы "Расчет проникающего шума" (вер. 1.6) сетевой ключ 175  
Право на использование программы "Расчет проникающего шума" (вер.1.5)  
Право на использование программы "РВУ - Эколог" (вер.4.0)  
Право на использование программы "РНВ - Эколог" (вер.4.0)  
Право на использование программы "Эколог-Шум" (вер. 2.31) сетевой ключ 175  
Право на использование программы "Эколог-Шум" (вер. 2.31) сетевой ключ 77  
Право на использование программы "Эколог-Шум" вариант "Стандарт" (вер. 2.1) с Каталогом шумовых характеристик  
Право на использование программы 2-ТП (Воздух) (вер. 4) с базовым модулем "Экомастер" сетевой ключ 175  
Право на использование программы 2-ТП (Отходы) (вер. 4.2) с базовым модулем "Экомастер" сетевой ключ 175  
Право на использование программы 2-ТП (Отходы) (вер. 5.0) сетевой ключ 175  
Право на использование программы АТП "Эколог" 3.10 под сетевой ключ 175 (на 40 рабочих мест)  
Право на использование программы РНВ-Эколог (4.2) сетевой ключ 175  
Право на использование программы УПРАЗА "Эколог" 4.0 + ГИС - Стандарт  
Право на использование программы УПРЗА "Эколог" 4.50 (Газ+Застройка и высота) под локальный ключ 16541  
Право на использование программы УПРЗА "Эколог" вариант "Газ" с учетом влияния застройки  
Программа для ЭВМ "ArcGIS Desktop"  
Программа для ЭВМ "MapInfo Pro 2019"  
Программа для ЭВМ "Серия - Эколог"  
Программа для ЭВМ Statistica Ultimate Academic 13 for Windows Ru (500 пользователей)  
Система T-FLEX DOCs Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Анализ вынужденных колебаний 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Анализ усталостной прочности 15, сетевая версия на 20 пользователей

Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Анализ устойчивости 15, сетевая версия на 20 пользователей

Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Базовый + Статистический анализ 15, сетевая версия на 20 пользователей

Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Частотный анализ 15, сетевая версия на 20 пользователей

Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Тепловой анализ 15, сетевая версия на 20 пользователей

Система T-FLEX Динамика Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей

Система T-FLEX CAD 3D Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей

Система T-FLEX Технология Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей

Система T-FLEX ЧПУ 2D Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей