

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Директор физтех-школы**  
**аэрокосмических технологий**  
**С.С. Негодяев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Интеллектуальные системы управления полетом
<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Программная инженерия
	Физтех-школа авиационных и цифровых технологий
	кафедра аэрофизического и летного эксперимента
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

1 (осенний) - Дифференцированный зачет  
2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 90 всего, в том числе:

лекции: 60 час.  
семинары: 30 час.  
лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 105 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Программу составил: А.А. Орлов, старший преподаватель

Программа обсуждена на заседании кафедры аэрофизического и летного эксперимента 04.06.2020

## Аннотация

Дисциплина "Интеллектуальные системы управления полетом" направлена на изучение студентами основ современной теории в области адаптивных самонастраивающихся систем управления полетом с элементами искусственного интеллекта. В настоящее время это направление занимает одно из ведущих мест в технических науках и относится к важной прикладной отрасли, тесно связанной с вычислительной техникой.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- изучение основ современной теории в области адаптивных самонастраивающихся систем управления полетом с элементами искусственного интеллекта. В настоящее время это направление занимает одно из ведущих мест в технических науках и относится к важной прикладной отрасли, тесно связанной с вычислительной техникой.

#### Задачи дисциплины

- анализ динамических свойств автоматических систем на модельном или физическом уровне и задачи синтеза алгоритмов управления, функциональной структуры автоматической системы с элементами искусственного интеллекта, ее параметров и характеристик, удовлетворяющих требованиям качества - быстродействия и точности, а также задачи проектирования систем управления и их отработки в процессе испытаний. На базе математических моделей искусственных нейронных сетей, экспертных систем с нечеткой логикой и других элементов искусственного интеллекта теория адаптивных самонастраивающихся и обучающихся систем управления позволяет изучать динамические процессы в автоматических системах и формировать структуру и параметры составных частей сложной динамической системы для придания реальным процессам управления полетом желаемых свойств.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области информатики и вычислительной техники и их практическую значимость
ОПК-5 готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности (ОПК-5)	ОПК-1.2. умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные понятия и законы классической и современной теории автоматического управления сложными динамическими системами;
- принципы организации, функционирования и проектирования технических систем автоматизированного управления и информационных систем;
- проблемы динамики полета и автоматизации управления полетом ЛА;
- методы анализа и синтеза сложных динамических систем;
- современное состояние исследований в области разработки систем автоматизированного управления полетом для перспективных образцов авиационной техники;
- экспериментальные основы исследований динамики полета и управления ЛА.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических систем (объектов управления);
- применять теоретические знания на практике для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- решать основные задачи современной теории в области адаптивных систем управления полетом с самонастройкой и обучением на основе элементов искусственного интеллекта;
- синтез алгоритмов нейросетевых, экспертных и гибридных систем с нечеткой логикой, обеспечивающих оптимальное качество переходных процессов в контуре управления в смысле заданных критериев, необходимое быстродействие и точность стабилизации требуемых координат;
- анализ устойчивости, уравнений настройки весовых коэффициентов нейронной сети, свойств, динамических показателей качества и точности систем автоматизированного управления полетом;
- моделирование систем автоматизированного управления полетом с элементами искусственного интеллекта на основе вычислительных средств и предметно-ориентированных прикладных программ;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы, аналитические и экспериментальные методики;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- общим понятийным аппаратом;
- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки физических задач и моделирования сложных систем;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач в области механики полета и управления ЛА;
- практическими навыками моделирования задач механики полета и управления ЛА;
- навыками грамотной обработки результатов экспериментов и сопоставления с теоретическими данными.

#### **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

##### **4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий**

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение. Основные понятия, задачи, проблемы и перспективы внедрения интеллектуальных систем управления полетом	2	1		
2	Основные положения теории нейронных сетей. Структура и свойства искусственного нейрона.	2	1		45
3	Классификация нейронных сетей и их свойства.	2	1		
4	Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения.	4	2		

5	Применение нейронных сетей и базовые структуры нейросетевых динамических систем. Многослойный персептрон.	4	2		
6	Искусственные нейронные сети в управлении. Эффективность нейронных сетей. Теоремы о полноте.	4	2		
7	Методы синтеза систем управления. Синтез регуляторов на основе нелинейного преобразования переменных.	6	3		
8	Нечеткие множества. Основные характеристики нечетких множеств	2	1		
9	Нечеткие и лингвистические переменные.	2	1		
10	Нечеткие выводы. Алгоритм Mamdani. Алгоритм Tsukamoto.	2	1		
11	Генетические алгоритмы. Представление генетической информации.	4	2		
12	Генетические алгоритмы и искусственные нейронные сети	6	3		
13	Нейросетевые методы построения отказоустойчивых систем.	2	1		
14	Нечеткая логика в построении отказоустойчивых систем.	2	1		
15	Алгоритмы для построения отказоустойчивых систем управления полетом.	2	1		
16	Система управления угловым движением вертолета	4	2		
17	Система управления траекторным движением вертолета	4	2		
18	Система автоматического приведения вертолета	6	3		60
Итого часов		60	30		105
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		225 час., 5 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 1 (Осенний)

1. Введение. Основные понятия, задачи, проблемы и перспективы внедрения интеллектуальных систем управления полетом

Введение. Основные понятия, задачи, проблемы и перспективы внедрения интеллектуальных систем управления полетом на основе теории искусственных нейронных сетей (ИНС), экспертных систем с нечеткой логикой и гибридных нейронных сетей.

2. Основные положения теории нейронных сетей. Структура и свойства искусственного нейрона.

Основные положения теории нейронных сетей. Структура и свойства искусственного нейрона. Структуры искусственной нейронной сети. Активационные функции. Универсальные аппроксимирующие свойства нейронных сетей.

### 3. Классификация нейронных сетей и их свойства.

Классификация нейронных сетей и их свойства. Сети с обратными связями и прямого распространения.

### 4. Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения.

Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения. Алгоритмы обучения с учителем и без учителя. Алгоритмы обучения многослойных нейросетей в реальном времени

### 5. Применение нейронных сетей и базовые структуры нейросетевых динамических систем. Многослойный персептрон.

Применение нейронных сетей и базовые структуры нейросетевых динамических систем. Многослойный персептрон. Нейронные сети встречного распространения. Нейронные сети Хопфилда и Хэмминга. Сети с радиальными базисными элементами. Вероятностная нейронная сеть. Обобщенно-регрессионная нейронная сеть. Линейные нейронные сети. Сигма-пи нейронные сети. Клеточные автоматы.

### 6. Искусственные нейронные сети в управлении. Эффективность нейронных сетей. Теоремы о полноте.

Искусственные нейронные сети в управлении. Эффективность нейронных сетей. Теоремы о полноте. Идентификация и прогнозирование с помощью ИНС. Управление и модели нейронных сетей для управления. Дифференциальные уравнения процессов преобразования и настройки многослойных нейросетей. Полиномиальные нейронные сети. Нейронная Сигма – Пи сеть. ИНС прямого распространения с одним скрытым слоем. Ограниченность и стабилизируемость.

### 7. Методы синтеза систем управления. Синтез регуляторов на основе нелинейного преобразования переменных.

Методы синтеза систем управления. Синтез регуляторов на основе нелинейного преобразования переменных. Синтез нейросетевых систем на основе метода адаптивного управления. Прямое адаптивное управление замкнутым контуром по полному вектору состояний. Динамическая обратная модель для нелинейной системы. Модель системы управления с дополнением нейронной сетью. Анализ устойчивости замкнутой системы и уравнения настройки весовых коэффициентов нейронной сети.

### 8. Нечеткие множества. Основные характеристики нечетких множеств

Нечеткие множества. Основные характеристики нечетких множеств. О методах построения функций принадлежности нечетких множеств. Операции над нечеткими множествами.

### 9. Нечеткие и лингвистические переменные.

Нечеткие и лингвистические переменные. Нечеткие числа. Операции над нечеткими числами.

### 10. Нечеткие выводы. Алгоритм Mamdani. Алгоритм Tsukamoto.

Нечеткие выводы. Алгоритм Mamdani. Алгоритм Tsukamoto. Алгоритм Sugeno. Алгоритм Larsen. Упрощенный алгоритм нечеткого вывода. Методы приведения к четкости.

11. Генетические алгоритмы. Представление генетической информации.

Генетические алгоритмы. Представление генетической информации. Генетические операторы. Преимущественное право размножения сильнейших.

12. Генетические алгоритмы и искусственные нейронные сети

Генетические алгоритмы и искусственные нейронные сети как новая парадигма в управлении и моделировании систем.

13. Нейросетевые методы построения отказоустойчивых систем.

Описание нейросетевых методов построения отказоустойчивых систем.

14. Нечеткая логика в построении отказоустойчивых систем.

Принципы работы нечеткой логики при построении отказоустойчивых систем.

15. Алгоритмы для построения отказоустойчивых систем управления полетом.

Использование эволюционных алгоритмов для построения отказоустойчивых систем управления полетом.

16. Система управления угловым движением вертолета

Система управления угловым движением вертолета на основе инверсной модели и адаптивной нейронной сети.

17. Система управления траекторным движением вертолета

Система управления траекторным движением вертолета на основе нейронной сети для полета на предельно малых высотах.

18. Система автоматического приведения вертолета

Система автоматического приведения вертолета из сложного пространственного положения в горизонтальный полет на основе нейронных сетей и экспертной системы с нечеткой логикой.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

Основная литература

1. Нейронные сети: основы теории [Текст], [монография]/А. И. Галушкин, -М., Горячая линия-Телеком, 2010

Дополнительная литература

1. Основы теории управления [Текст]/А. И. Егоров, -М., Физматлит, 2004, 2007

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

на лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий курс «Интеллектуальные системы управления полетом», должен овладеть общим понятийным аппаратом и научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен освоить фундаментальные понятия и законы современной теории систем с элементами искусственного интеллекта; понимать проблемы динамики и автоматизации управления полетом; знать принципы организации, функционирования и проектирования технических и информационных систем управления; методы анализа и синтеза сложных динамических систем; современное состояние в области разработки перспективных образцов авиационной техники.

На основе полученных знаний студент должен уметь решать основные задачи современной теории в области адаптивных систем управления полетом с самонастройкой и обучением на основе элементов искусственного интеллекта:

- синтез алгоритмов нейросетевых, экспертных и гибридных систем с нечеткой логикой, обеспечивающих оптимальное качество переходных процессов в контуре управления в смысле заданных критериев, необходимое быстродействие и точность стабилизации требуемых координат;
- анализ устойчивости, уравнений настройки весовых коэффициентов нейронных сетей, свойств, динамических показателей качества и точности систем автоматизированного управления полетом;
- моделирование систем автоматизированного управления полетом с элементами искусственного интеллекта на основе вычислительных средств и предметно-ориентированных прикладных программ;

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- изучение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Программная инженерия Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра аэрофизического и летного эксперимента
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** А.А. Орлов, старший преподаватель



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области информатики и вычислительной техники, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области информатики и вычислительной техники и их практическую значимость
ОПК-5 готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности (ОПК-5)	ОПК-1.2. умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Интеллектуальные системы управления полетом» обучающийся должен:

### знать:

- фундаментальные понятия и законы классической и современной теории автоматического управления сложными динамическими системами;
- принципы организации, функционирования и проектирования технических систем автоматизированного управления и информационных систем;
- проблемы динамики полета и автоматизации управления полетом ЛА;
- методы анализа и синтеза сложных динамических систем;
- современное состояние исследований в области разработки систем автоматизированного управления полетом для перспективных образцов авиационной техники;
- экспериментальные основы исследований динамики полета и управления ЛА.

### уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических систем (объектов управления);
- применять теоретические знания на практике для решения фундаментальных, прикладных и технологических задач;
- решать основные задачи современной теории в области адаптивных систем управления полетом с самонастройкой и обучением на основе элементов искусственного интеллекта;
- синтез алгоритмов нейросетевых, экспертных и гибридных систем с нечеткой логикой, обеспечивающих оптимальное качество переходных процессов в контуре управления в смысле заданных критериев, необходимое быстродействие и точность стабилизации требуемых координат;
- анализ устойчивости, уравнений настройки весовых коэффициентов нейронной сети, свойств, динамических показателей качества и точности систем автоматизированного управления полетом;
- моделирование систем автоматизированного управления полетом с элементами искусственного интеллекта на основе вычислительных средств и предметно-ориентированных прикладных программ;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы, аналитические и экспериментальные методики;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

### владеть:

- общим понятийным аппаратом;
- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки физических задач и моделирования сложных систем;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач в области механики полета и управления ЛА;
- практическими навыками моделирования задач механики полета и управления ЛА;
- навыками грамотной обработки результатов экспериментов и сопоставления с теоретическими данными.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

1. Искусственные нейронные сети в управлении. Эффективность нейронных сетей. Теоремы о полноте.
2. Применение нейронных сетей. Идентификация и прогнозирование с помощью нейронных сетей.
3. Применение нейронных сетей. Управление и модели нейронных сетей для управления полетом.
4. Дифференциальные уравнения процессов преобразования и настройки многослойных нейросетей.
5. Применение нейронных сетей. Полиномиальные нейронные сети.
6. Применение нейронных сетей прямого распространения с одним скрытым слоем.
7. Методы синтеза систем управления. Синтез регуляторов на основе нелинейного преобразования переменных. Динамическая обратная модель для нелинейной системы.
8. Синтез нейросетевых систем на основе метода адаптивного управления.
9. Модель системы управления с дополнением нейронной сетью. Прямое адаптивное управление замкнутым контуром по полному вектору состояний.
10. Анализ устойчивости замкнутой системы и уравнения настройки весовых коэффициентов нейронной сети
11. Гибридные сети и применение нечетких множеств в задачах управления. Нечеткие выводы. Операции над нечеткими множествами. Нечеткая и лингвистическая переменные. Нечеткие отношения. Операции над нечеткими отношениями.
12. Гибридные сети и применение нечетких множеств в задачах управления. Нечеткие выводы. Упрощенный алгоритм нечеткого вывода. Методы приведения к четкости.
13. Гибридные сети и применение нечетких множеств в задачах управления. Нечеткий регулятор. Общее описание. Свойства нечеткого регулятора.

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

1. Задачи, проблемы и перспективы внедрения интеллектуальных систем управления полетом на основе теории искусственных нейронных сетей, экспертных систем с нечеткой логикой и гибридных нейронных сетей.
2. Основные положения теории нейронных сетей. Структура и свойства искусственного нейрона.
3. Структуры искусственной нейронной сети. Активационные функции. Универсальные аппроксимирующие свойства нейронных сетей.
4. Классификация нейронных сетей и их свойства. Нейронные сети прямого распространения. Сети с обратными связями.
5. Обучение нейронных сетей. Алгоритм обратного распространения.
6. Алгоритмы обучения с учителем и без учителя. Алгоритмы обучения многослойных нейросетей в реальном времени.
7. Применение нейронных сетей и базовые структуры нейросетевых динамических систем. Многослойный персептрон.
8. Применение нейронных сетей. Нейронные сети встречного распространения. Нейронные сети Хопфилда и Хэмминга. Сети с радиальными базисными элементами.

9. Применение нейронных сетей. Вероятностная нейронная сеть. Обобщенно-регрессионная нейронная сеть.
10. Применение нейронных сетей. Линейные нейронные сети. Сигма-пи нейронные сети. Теоремы о полноте.
11. Отказоустойчивые системы управления полетом. Использование эволюционных алгоритмов для построения отказоустойчивых систем управления полетом.
12. Система управления угловым движением вертолета на основе инверсной модели и адаптивной нейронной сети.
13. Система управления траекторным движением вертолета на основе нейронной сети для полета на предельно малых высотах.
14. Система автоматического приведения вертолета из сложного пространственного положения в горизонтальный полет на основе нейронных сетей и экспертной системы с нечеткой логикой.

#### Билет 1

Эволюционные алгоритмы в теории управления. Генетические алгоритмы. Представление генетической информации. Генетические операторы.

#### Билет 2

Генетические алгоритмы и искусственные нейронные сети как новая парадигма в управлении и моделировании систем.

#### Билет 3

Отказоустойчивые системы управления полетом. Нейросетевые методы построения отказоустойчивых систем. Отказоустойчивые системы управления полетом. Нейросетевые методы построения отказоустойчивых систем.

#### Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Во время проведения дифференцированного зачета и экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой.

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.

Экзамен проводится путем организации специального опроса, проводимого в устной форме. При проведении экзамена обучающемуся предоставляется не менее 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на экзамене не должен превышать астрономического часа. Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, основной и дополнительной литературой, а также вычислительной техникой компьютерного класса.