

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет компьютерных технологий и прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор



Иванов А.Г.

*подпись*

« 29 » мая 2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Б1.Б.25 Моделирование систем

Направление подготовки 27.03.02 Управление качеством

Направленность (профиль) Управление качеством в социально-экономических системах

Программа подготовки прикладная

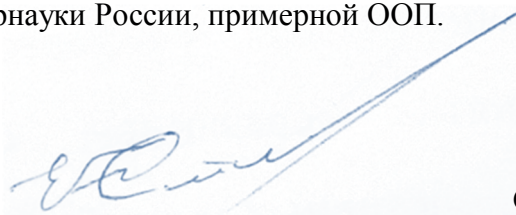
Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2015

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки (профиль): 27.03.02 Управление качеством – направленность (профиль): Профиль: Управление качеством в социально-экономических системах и, утвержденным приказом Минобрнауки России, примерной ООП.

Программу составил:  
кандидат технических наук,  
СНС, доцент каф. ИИС  
ФГБОУ ВО «КубГУ»

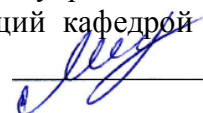


Степаненко Е.А.

Рабочая программа дисциплины Моделирование систем утверждена на заседании кафедры интеллектуальных информационных систем протокол № 5 «15» апреля 2015 г.  
Заведующий кафедрой (разработчик) Костенко К.И.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры экономики и управления инновационными системами протокол № 7 «17» мая 2015 г. Заведующий кафедрой экономики и управления инновационными системами Литвинский К.О.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных технологий и прикладной математики

протокол № 5 «29» апреля 2015 г.

Председатель УМК факультета Малыхин К.В.



## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

### **1.1 Цель дисциплины**

«Моделирование систем» изучается в соответствии с Федеральным Государственным образовательным стандартом высшего образования Мин. Образования РФ по направлению подготовки **27.03.02** - «Управление качеством» (бакалавр). Целью дисциплины является приобретение студентами начальных знаний по системному анализу и условиям его применения для описания сложных систем и построения их моделей. Является одной из базовых дисциплин, изучаемых студентами направления 27.03.02 «Управление качеством».

### **1.2 Задачи дисциплины**

Задачей курса является получение представлений об основных положениях моделирования систем, его объекте и методах; дать студентам знания по методологии системного подхода и навыкам применения системных представлений при решении задач анализа и синтеза разнообразных, в том числе, больших систем.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Моделирование систем» относится к базовой части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана.

Моделирование систем» как научная дисциплина изучает базовые определения и понятия теории систем, системного анализа, основные задачи и методы системного анализа и его компонентов, большие системы (БС) и их особенности, методы моделирования БС, методологию решения задач анализа и проектирования БС, методологические основы теории СА и принятия решений. Оптимизационные методы получения детерминированных решений, методы принятия решений в условиях неопределенности. Дисциплина использует результаты изложения курсов Б1.Б.27 Системный анализ, оптимизация и принятие решений, Б1.В.01.07 Вычислительная математика, Б1.В.ДВ.04.02 Пакеты прикладных программ в математических расчетах Б1.В.01.03 «Математический анализ», Б1.В.01.02 «Дискретная математика и математическая логика».

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			Знать	уметь	Владеть

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			Знать	уметь	Владеть
1	ПК-3	способностью разрабатывать технические задания по проектам на основе профессиональной подготовки и системно-аналитических исследований сложных объектов управления различной природы	<p>Методологию системного анализа и синтеза сложных систем с заданными параметрами качества;</p> <p>методы моделирования, анализа и синтеза систем в различных областях деятельности;</p> <p>Основные принципы организации системных исследований;</p> <p>Основные методы имитационного моделирования сложных систем различной природы;</p> <p>Технологию и содержание этапов системного анализа и место модели в этих исследованиях;</p>	<p>Применять современные методы системного анализа объектов и процессов, методы исследования операций и принятия решений;</p> <p>Пользоваться основными приемами формализации содержательных задач;</p> <p>Ставить и формализовать задачи системного исследования;</p> <p>Владеть навыками анализа полученных результатов моделирования и использования их для выработки решения;</p> <p>Решать простейшие задачи системных исследований;</p>	<p>Методологии системного моделирования в прикладных областях;</p> <p>2.Элементами структурно-функционального мышления при решении задач формализации и алгоритмизации в конкретных областях деятельности;</p> <p>3.Навыками профессиональной работы с моделями больших систем, включающим и построение, анализ и их применение.</p>

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			Знать	уметь	Владеть
			ях		
2	ОПК-3	способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	информационно-коммуникационные технологии, применяемые для решения стандартных задач профессиональной деятельности	учитывать основные требования информационной безопасности при решении профессиональных задач	способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы	Всего Часов	Семестры (часы)			
		6	—		
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>54,3</b>	<b>54,3</b>			
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>52</b>	<b>52</b>			
Занятия лекционного типа	18	18	-	-	-
Лабораторные занятия	34	34	-	-	-

Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)			-	-	-
			-	-	-
<b>Иная контактная работа:</b>					
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2			
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3			
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>27</b>	<b>27</b>			
<i>Курсовая работа</i>			-	-	-
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>	12	12	-	-	-
<i>Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>	11	11	-	-	-
<i>Реферат</i>			-	-	-
Подготовка к текущему контролю	4	4	-	-	-
<b>Контроль:</b>	<b>26,7</b>	<b>26,7</b>			
Подготовка к экзамену	26,7	26,7			
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	-	-
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>54,3</b>	<b>54,3</b>		
	<b>зач. ед</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ п/ п	Наименование раздела, темы	Итого акад. ча сов	Аудиторная работа			СР	Контроль
			Все- го	Лек- ции	Лабора- торные		
1.	Введение	8	2	2	-	3	3
2.	Постановка задачи системного моделирования	12	6	2	4	3	3
3.	Постановка задачи принятия решения	12	6	2	4	3	3
4.	Цели и задачи системного моделирования	12	6	2	4	3	3

	ния						
5.	Классические методы анализа моделей	14	8	2	6	3	3
6.	Методы анализа устойчивости больших систем	18,7	9	3	6	5	4,7
7.	Применение теории массового обслуживания для анализа БС	16	8	2	6	4	4
8.	Методы оптимизации как средство поддержки ПР в СА	13	7	3	4	3	3
	Всего по разделам дисциплины:	105,7	52	18	34	27	26,7
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3					
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2					
	<b>Итого по дисциплине:</b>	<b>108</b>	<b>54</b>				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

### 2.3 Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля	Разработано с участием работодателей
1	Введение	Введение, примеры объектов, требующих системного подхода к моделированию: экономические, социальные, технологические, управления процессами и т. п. Общее представление о системном анализе. Система как объект исследования (состав, структура, функции).	Контрольный опрос.	
2	Постановка задачи системного моделирования	Постановка задачи моделирования систем. Основные этапы моделирования систем. Формирование цели, проблемной ситуации, показателей эффективности функционирования системы и критериев выбора. Факторы, влияющие на эффективность функционирования систем. Моделирование – как один из этапов выработки решения. Онтологическая модель сложной системы.	Текущий контроль. (моделирование целей и задач, критериев, процессов)	

3	Постановка задачи принятия решения	Постановка задачи принятия решения. Модель проблемной ситуации. Классификация задач принятия решения: в условиях определенности и неопределенности (стохастической и не стохастической) . Риск – как мера неопределенности.	.Текущий контроль. Индивидуальное задание	
4	Цели и задачи системного моделирования	Цели и задачи моделирования систем. Математическое моделирование. Анализ и синтез – как методы построения моделей. Классификация моделей сложной системы. Характерные особенности моделей. Элементарные математические модели. Примеры моделей экономических и социальных систем. Развитие моделей, жизненные циклы моделей. Управление жизненными циклами.	Текущий контроль.	
5	Классические методы анализа моделей	Применение имитационного моделирования для исследования больших систем. Имитационное моделирование систем, описываемых в классе марковских дискретных процессов. Моделирование потоков требований методами имитационного моделирования. Имитационное моделирование БС в соответствии с принципом особых состояний. Алгоритм имитационного моделирования одноканальной системы массового обслуживания (СМО), СМО с ненадежными элементами и многоканальных СМО. Алгоритм моделирования замкнутой сети МО.	Текущий контроль. Реферат	
6	Методы анализа устойчивости больших систем	Методы анализа устойчивости больших систем. Управление системой как способ поддержания устойчивости. Способы и методы управления, эффективность управления. Планирование и управление. Устойчивость и развитие. Целенаправленная система – управляемая система.	Текущий контроль. Отчёт по индивидуальному заданию.	
7	Применение теории массового обслуживания для анализа БС	Применение теории массового обслуживания для анализа БС. Системы массового обслуживания (СМО), виды СМО и их классификация; потоки требований, их классификация; математические модели потоков (простейший, стационарный, нестационарный, с ограниченным последствием, потоки Эрланга). Дискретные и непрерывные цепи Маркова, их применение для анализа БС. Процесс типа «гибели и размножения». Модели СМО типа «гибе-	Текущий контроль. Контрольный опрос. Индивидуальное задание	



		ли и размножения», их характеристики (СМО без потерь и неограниченным ожиданием и источником бесконечного числа требований, СМО с потерями);		
8	Методы оптимизации как средство поддержки ПР в СА	Методы оптимизации как средства поддержки принятия решений в системном анализе. Постановка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма задачи ЛП. Опорное решение задачи ЛП, базис опорного решения. Свойства решений задачи ЛП. Геометрическая интерпретация задачи ЛП и ее возможных решений. Двойственность в линейном программировании. Двойственные задачи ЛП. Теоремы двойственности. Экономическая интерпретация прямой и двойственных задач ЛП, условий «дополняющей не жесткости». Свойства и применение двойственных оценок. Методы и решения задачи ЛП. Типовые модели линейного и целочисленного программирования. Задачи о диете, задачи о раскрое, транспортная задача, задача о назначении, задача о коммивояжере, задача о ранце и методы их решения.	Контрольный опрос. Индивидуальное задание	

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	Введение	Введение, примеры объектов, требующих системного подхода к моделированию: экономические, социальные, технологические, управления процессами и т. п. Общее представление о системном анализе. Система как объект исследования (состав, структура, функции).	Контрольный опрос.
2	Постановка задачи системного моделирования	Постановка задачи моделирования систем. Основные этапы моделирования систем. Формирование цели, проблемной ситуации, показателей эффективности функционирования системы и критериев выбора. Факторы, влияющие на эффективность функционирования систем. Моделирование – как один из этапов выработки решения.	Текущий контроль. (моделирование целей и задач, критериев, процессов)
3	Постановка задачи принятия решения	Постановка задачи принятия решения. Модель проблемной ситуации. Классификация задач принятия решения: в условиях определенности и неопределенности (стохастической и не стохастической) . Риск – как мера неопределенности.	.Текущий контроль. Индивидуальное задание

4	Цели и задачи системного моделирования	Цели и задачи моделирования систем. Математическое моделирование. Анализ и синтез – как методы построения моделей. Классификация моделей сложной системы. Характерные особенности моделей. Элементарные математические модели. Примеры моделей экономических и социальных систем. Развитие моделей, жизненные циклы моделей. Управление жизненными циклами.	Текущий контроль.
5	Классические методы анализа моделей	Применение имитационного моделирования для исследования больших систем. Имитационное моделирование систем, описываемых в классе марковских дискретных процессов. Моделирование потоков требований методами имитационного моделирования. Имитационное моделирование БС в соответствии с принципом особых состояний. Алгоритм имитационного моделирования одноканальной системы массового обслуживания (СМО), СМО с ненадежными элементами и многоканальных СМО. Алгоритм моделирования замкнутой сети МО.	Текущий контроль. Реферат
6	Методы анализа устойчивости больших систем	Методы анализа устойчивости больших систем. Управление системой как способ поддержания устойчивости. Способы и методы управления, эффективность управления. Планирование и управление. Устойчивость и развитие. Целенаправленная система – управляемая система.	Текущий контроль. . Отчёт по индивидуальному заданию.
7	Применение теории массового обслуживания для анализа БС	Применение теории массового обслуживания для анализа БС. Системы массового обслуживания (СМО), виды СМО и их классификация; потоки требований, их классификация; математические модели потоков (простейший, стационарный, нестационарный, с ограниченным последствием, потоки Эрланга). Дискретные и непрерывные цепи Маркова, их применение для анализа БС. Процесс типа «гибели и размножения». Модели СМО типа «гибели и размножения», их характеристики (СМО без потерь и неограниченным ожиданием и источником с бесконечным числом требований, СМО с потерями).	Текущий контроль. Контрольный опрос. Индивидуальное задание
8	Методы оптимизации как средство поддержки ПР в СА	Методы оптимизации как средства поддержки принятия решений в системном анализе. Постановка задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма задачи ЛП. Опорное решение задачи ЛП, базис опорного решения. Свойства решений задачи ЛП. Геометрическая интерпретация задачи ЛП и ее воз-	Контрольный опрос. Индивидуальное задание

	<p>возможных решений. Двойственность в линейном программировании. Двойственные задачи ЛП. Теоремы двойственности. Экономическая интерпретация прямой и двойственных задач ЛП, условий «дополняющей не жесткости». Свойства и применение двойственных оценок. Методы и решения задачи ЛП. Типовые модели линейного и целочисленного программирования. Задачи о диете, задачи о раскрое, транспортная задача, задача о назначении, задача о коммивояжере, задача о ранце и методы их решения.</p>	
--	---	--

### 2.3.2 Занятия семинарского типа не предусмотрены

### 2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
2	Постановка задачи системного моделирования	<p><b>Занятие 1.</b> Примеры сложных систем в различных областях деятельности. Структура систем и её формализованное описание. Цели и задачи систем. Унифицированное многообразие параметров. Построение примеров описаний сложных систем. Большие системы.</p> <p><b>Занятие 2.</b> Процесс моделирования систем и его этапы. Анализ и выбор целей, проблем, показателей эффективности систем, критериев принятия решения. Факторы эффективности систем. Моделирование при разработке моделей систем. Практическая работа в языке UML.</p>	
3	Постановка задачи принятия решения	<p><b>Занятие 3.</b> Моделирование процессов принятия решения. Показатели неопределённости и риска.</p> <p><b>Занятие 4.</b> Представление и использование рисков в моделях больших систем.</p>	
4	Классические методы анализа моделей	<p><b>Занятие 5.</b> Системное моделирование и его структура. Этапы анализа и синтеза, их свойства и атрибуты. Развитие моделей; жизненные циклы моделей.</p> <p><b>Занятие 6.</b> Методы оптимизации как средство поддержки ПР в СА. Элементы математического описания моделей экономических и социальных</p>	

		систем.	
5	Цели и задачи системного моделирования	<p><b>Занятие 7.</b> Имитационное моделирование для больших систем. Примеры дискретных процессов.</p> <p><b>Занятие 8.</b> Моделирование процессов и потоков методами имитационного моделирования</p> <p><b>Занятие 9.</b> Разбор алгоритмов имитационного моделирования одноканальной системы массового обслуживания (СМО).</p>	
6	Методы анализа устойчивости больших систем	<p><b>Занятие 10</b> Имитационное моделирование для больших систем. Примеры дискретных процессов</p> <p><b>Занятие 11</b> Имитационное моделирование для больших систем. Методы анализа устойчивости больших систем</p> <p><b>Занятие 12.</b> Устойчивость больших систем. Структурно-логическое моделирование устойчивости. Построение алгоритмов управления и схем поддержания устойчивости. Оценка эффективности процессов управления.</p>	
7.	Применение теории массового обслуживания для анализа БС.	<p><b>Занятие 13.</b> Системы массового обслуживания. Алгоритмы и программы анализа систем и их практическое применение для конкретных прикладных задач.</p> <p><b>Занятие 14.</b> Имитационное моделирование для больших систем. в среде Mat lab.</p> <p><b>Занятие 15.</b> Имитационное моделирование для больших систем. Примеры дискретных процессов. Моделирование элементов систем массового обслуживания в среде Mat lab.</p>	
8.	Методы оптимизации как средство поддержки ПР в СА	<p><b>Занятие 16.</b> Линейные математические модели для больших систем. Построение, представление, хранение, развитие и анализ.</p> <p><b>Занятие 17.</b> Построение и анализ экономических и социальных моделей, приводящих к задаче линейного программирования. Интерпретация задачи ЛП для управления большими системами.</p> <p>Методы решения задач ЛП. Типовые модели линейного и целочисленного программирования. Задачи о диете, задачи о раскрое, транспортная задача.</p>	

**2.3.4 Примерная тематика курсовых работ.  
КР не предусмотрены.**

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Предполагается самостоятельное изучение студентами отдельных разделов системного моделирования, расширяющих представление об учебной дисциплине, а также формирующей начальные навыки самостоятельного приобретения знаний.

Для самостоятельного изучения предлагаются следующие темы:

- Системный анализ и его элементы;
- Цель системы, принципы распознавания, формализации и обоснования цели;
- Сущность системного подхода в исследовании процессов в экономике;
- Моделирование системы ситуационного управления;
- Методы декомпозиции и структурно-семантического анализа сложных систем;
- Классификация и взаимодействие процессов в сложных системах;
- Риск – как мера неопределенности и его применение;
- Задача выработки решения – ее свойства и особенности решения;
- Принципы построения формализованных моделей сложных систем;
- Принципы устойчивости больших систем;
- Типы систем массового обслуживания;
- Области применения транспортной задачи.

## 3. Образовательные технологии

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
А,В	Л	электронные презентации	12
	ПР		-
	ЛР	- решение проблемных ситуаций в составе малых групп.	12-
Итого:			24

Выбор методов и средств обучения, образовательных технологий и учебно-методического обеспечения реализации учебной программы осуществляется, исходя из необходимости достижения обучающимися планируемых результатов освоения образовательной программы, а также с учетом индивидуальных возможностей обучающихся из числа инвалидов и ЛОВЗ.

В целях реализации рабочей программы для инвалидов и ЛОВЗ применяются специализированные технические средства приема-передачи учебной информации в доступных формах для обучающихся с различными нарушениями, обеспечивается выпуск альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт), электронных образовательных ресурсов в формах, адаптированных к ограничениям здоровья обучающихся, наличие необходимого материально-технического оснащения.

## 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

### 4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля

#### Содержание РГЗ

##### Пример.1

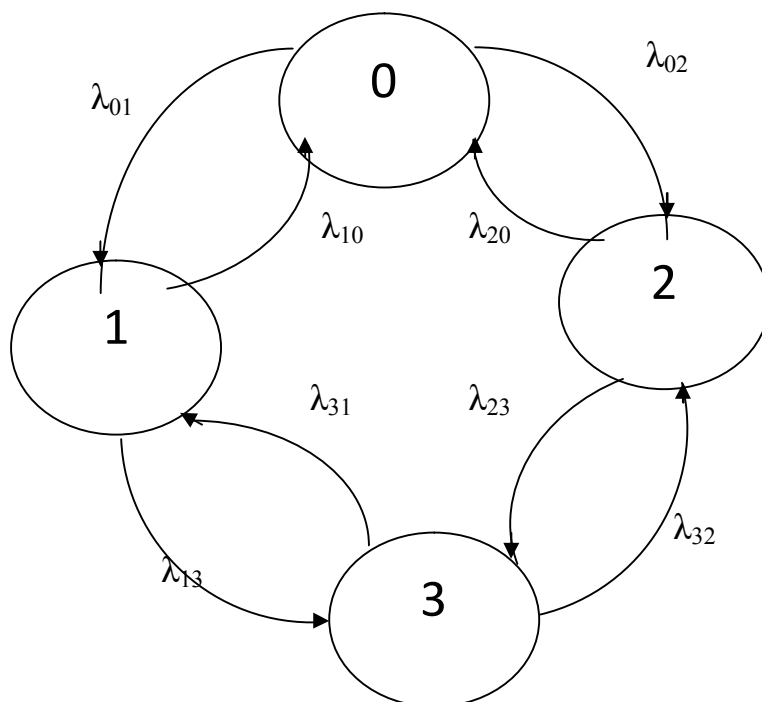
Исследовать процесс функционирования системы состоящей из  $2^x$  узлов, каждый из которых может отказывать в случайные моменты времени, После чего мгновенно начинается их ремонт, продолжающийся случайное время и оценить возможность повышения устойчивости за счет снижения времени восстановления.

##### Решение.

Построим размеченный граф состояний.

Возможные состояния системы:

- 1) 0 – оба узла работоспособны;
- 1 – 1<sup>й</sup> узел ремонтируется, а 2<sup>й</sup> функционирует;
- 2 – 1<sup>й</sup> узел исправен, 2<sup>й</sup> ремонтируется;
- 3 – оба узла в ремонте.



2) Найдем предельные вероятности для состояний системы при  $\lambda_{01}=1; \lambda_{02}=2; \lambda_{10}=2; \lambda_{13}=2; \lambda_{20}=3; \lambda_{23}=1; \lambda_{31}=3; \lambda_{32}=2$ .

Составим систему алгебраических уравнений (\*)

$$\begin{array}{l|l} 3P_0=2P_1+3P_3 & (\lambda_{01}+\lambda_{02})P_0=\lambda_{10}P_1+\lambda_{20}P_2 \\ 4P_1=P_0+3P_3 & (\lambda_{10}+\lambda_{13})P_1=\lambda_{01}P_0+\lambda_{31}P_3 \\ 4P_2=2P_0+2P_3 & (\lambda_{20}+\lambda_{23})P_2=\lambda_{02}P_0+\lambda_{32}P_3 \\ P_0+P_1+P_2+P_3=1 & (\lambda_{31}+\lambda_{32})P_3=\lambda_{13}P_1+\lambda_{23}P_2 \end{array}$$

Решим эту систему и получим конкретные значения  $P_k$ :  $P_0=0,4; P_1=0,2; P_2=0,27; P_3=0,13$ . Значение этих вероятностей – это и доли общего времени эксплуатации системы в течении времени  $T$  от этого времени пребывания в соответствующих состояниях.

А теперь проведем исследование целесообразности изменения технологии ремонта, если известно, что в единицу времени исправная работа первого и второго узлов приносит соответственно 10 и 6 ден.ед., а их ремонт требует соответственно 4 и 2 ден.ед.

Будет ли экономически оправдано усовершенствование технологии ремонта позволяющее вдвое уменьшить среднее время ремонта каждого из 2х узлов, если при этом вдвое увеличатся затраты на ремонт.

Оценим вероятность пребывания каждого узла в работоспособном и отказном состояниях:

$$\begin{array}{l|l} P_{I^+} = P_0+P_2=0,4+0,27=0,67 & P_{I^-} = P_3+P_1=0,13+0,2=0,33 \\ P_{II^+} = P_0+P_1=0,4+0,2=0,6 & P_{II^-} = P_3+P_2=0,13+0,27=0,4 \end{array}$$

Тогда чистый доход в единицу времени от эксплуатации системы определим по формуле:

$$D=0,67*10+0,6*6-0,33*4-0,4*2=8,18$$

А теперь оценим эффективность предлагаемой модернизации. Уменьшение сроков ремонта каждого из узлов вдвое приведет к соответствующему увеличению интенсивности прихода узлов из состояния ремонта в рабочее:

$$\begin{array}{l} \text{Узел: } \lambda_{10}^*=4; \lambda_{31}^*=6; \rightarrow 8 \text{ ден.ед.} \\ \text{Узел: } \lambda_{20}^*=6; \lambda_{32}^*=4; \rightarrow 4 \text{ ден.ед.} \end{array}$$

Решим систему (\*) при новых  $\lambda_{ij}$  получим:

$$\begin{array}{l|l} 3P_0=4P_1+6P_3 & P_0^*=0,6; \quad P_{I^+}^*=0,6+0,2=0,8 \\ 6P_1=P_0+6P_3 & P_1^*=0,15; \quad P_{II^+}^*=0,6+0,15=0,75 \\ 7P_2=2P_0+4P_3 & P_2^*=0,2; \quad P_{I^-}^*=0,05+0,15=0,2 \\ P_0+P_1+P_2+P_3=1 & P_3^*=0,05 \quad P_{II^-}^*=0,05+0,2=0,25 \end{array}$$

Оценим возможный доход в этом случае:

$$D_m=0,8*10+0,75*6-0,2*8-0,25*4=9,9$$

$D_m > D$  следовательно такая модернизация экономически целесообразна!

### Непрерывный Марковский процесс

#### Пример2.

В а/х имеется и а/м. Каждая из этих а/м независимо одна от другой может выходить из строя. Интенсивность этого потока отказов =  $\lambda$ .

Отказавшая а/м становится на стоянку и ждет начала ремонта. Время ожидания начала ремонта а/м подчиняется показательному распределению с параметром  $\gamma$ . Время ремонта а/м распределено по показательному распределению с параметром  $\mu$ . Оценить устойчивость системы а/х ... уровень готовности 0,5. Если уровень готовности не удовлетворяет требованиям, предложить способ его повышения.

#### Решение

Следовательно а/м может находиться в одном из 3х состояний:

$S_1$ -исправна;

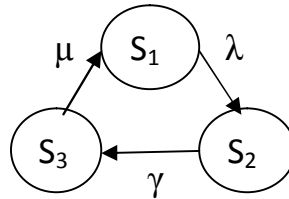
$S_2$ -ожидает ремонта (неисправна);

S<sub>3</sub>-находится в ремонте.

Определить вероятности прибытия а/м в каждом из этих состояний.

Решение.

1) Составим размеченный граф



2) В соответствии с правилом Колмогорова составим систему диф. ур-ий

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = \mu P_3(t) - \lambda P_1(t);$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda P_1(t) - \gamma P_2(t);$$

$$\frac{dP_3(t)}{dt} = \gamma P_2(t) - \mu P_3(t).$$

$$\frac{dP_3(t)}{dt} = \gamma P_2(t) - \mu P_3(t).$$

$$\frac{dP_3(t)}{dt} = \gamma P_2(t) - \mu P_3(t).$$

$$\frac{dP_3(t)}{dt} = \gamma P_2(t) - \mu P_3(t).$$

$$\text{Ур-ие связи } P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) = 1$$

Начальные условия				
t=0	S <sub>i</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
	P(S <sub>i</sub> )	1	0	0

Решение этой системы уравнений с использованием преобразований Лапласа

$$P_3(t) = \frac{\gamma\lambda}{a_1 a_2} + \frac{e^{a_1 t}}{a_1(a_1 - a_2)} + \frac{e^{a_2 t}}{a_2(a_2 - a_1)} \frac{\gamma\lambda}{a_1 a_2}$$

$$\text{где } a_1 = \frac{-C_1 + \sqrt{C_1^2 - 4C_0}}{2}; \quad a_2 = \frac{-C_1 - \sqrt{C_1^2 - 4C_0}}{2};$$

$$C_1 = \lambda + \mu + \gamma; \quad C_0 = \lambda\mu + \lambda\gamma + \gamma\mu$$

$$P_2(t) = \lambda \frac{e^{a_1 t} - e^{a_2 t}}{a_1 - a_2} + \frac{\lambda\mu}{a_1 a_2} + \frac{\lambda\mu}{a_1 a_2} \frac{e^{a_1 t}}{a_1(a_1 - a_2)} + \frac{e^{a_2 t}}{a_2(a_2 - a_1)}$$

$$P_1(t) = 1 - P_2(t) - P_3(t)$$

$$a_1 a_2 = C_0 \quad \text{и} \quad a_1 + a_2 = -C_1$$

$$\text{При } \gamma = \mu = 1 \text{ и } \lambda = 5$$

Если  $t \rightarrow +\infty$ , то

$$\mu P_3 - \lambda P_1 = 0$$

$$\lambda P_1 - \gamma P_2 = 0$$

$$\gamma P_2 - \mu P_3 = 0$$

$$P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) = 1$$

$$(\lambda/\mu) P_1 + (\lambda/\gamma) P_2 + P_3 = 1; \quad P_1(\lambda\gamma + \lambda\mu + \gamma\mu)/\gamma\mu = 1$$

$$P_1 = \gamma\mu/(\lambda\gamma + \lambda\mu + \gamma\mu) = 1/11$$

$$P_2 = (\lambda/\gamma) * (\gamma\mu/(\lambda\gamma + \lambda\mu + \gamma\mu)) = 5/11$$

$$P_3 = (\lambda/\mu) * (\gamma\mu/(\lambda\gamma + \lambda\mu + \gamma\mu)) = 5/11$$

Уровень  $P_1 < 0,5$ . Необходимо сократить время ожидания за счет увеличения линий ремонта.

### Пример 3.

ТС состоит из 2х узлов: 1 и 2, каждый из которых в процессе функционирования может выйти из строя, отказавший узел немедленно начинает восстанавливаться.

Исследовать процесс функционирования такой системы.

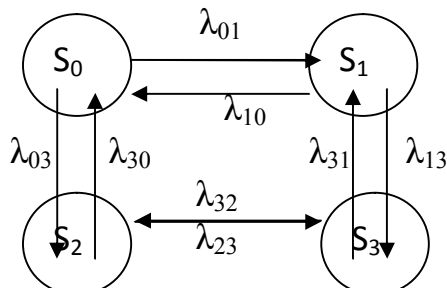
Решение:

1) S<sub>1</sub> Возможные состояния системы

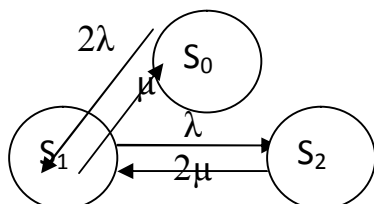


- $S_0$  – оба узла исправны;
- $S_1$  – 1й узел работает, 2й восстанавливается;
- $S_2$  – 2й узел работает, 1й восстанавливается;
- $S_3$  – оба узла восстанавливаются.

2) Составим размеченный граф состояний



А если рассматривать возможные состояния такие  
 $S_0$  - оба работают;  
 $S_1$  – один работает, один отказал;  
 $S_2$  – оба отказали.



Построим график этих вероятностей

Во-первых найдем предельные значения

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} P_1(t) = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$$

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} P_0(t) = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \cdot \frac{1.0}{\lambda + \mu} = \frac{\lambda}{(\lambda + \mu)^2}$$



$P_1 = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$   $\mu$  и  $\lambda$  не зависят от времени следовательно  $T$  и  $T_b$  подчиняются exp распределению, а в exp распределении  $M_T = 1/\lambda$ ;  $M_{Tb} = 1/\mu$ .

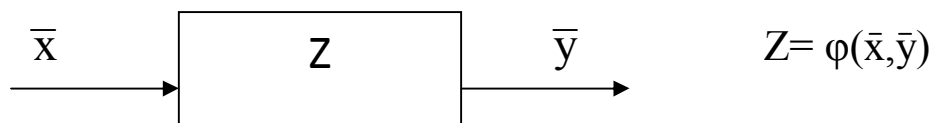
Тогда  $P_1 = \frac{1/M_{Tb}}{1/M_T + 1/M_{Tb}} = \frac{M_T}{M_{Tb} + M_T}$  -это вероятность систему в произвольный момент времени в работоспособном состоянии равна доли времени пребывания системы в работающем состоянии.

### Пример4.

#### «Система гибели и размножения»

В исследовании СМО широкое применение получила схема или процесс гибели и размножения. Это название схема получила в биологических задачах при исследовании изменения численности популяции. Смысл его состоит в том, что в системах одновременно идут два разнонаправленных процесса:

- один процесс (размножение) приводит состояние системы в высшее значение (численность популяции растет);
- второй процесс (гибель) приводит состояние системы в низшее значение (численность популяции уменьшается);



**Определение финальных вероятностей состояний СМО.**

1) Решение системы алгебраических уравнений

- Выписать исходную систему уравнений

1) $\mu P_1 = \lambda P_0$		$P_1 = (\lambda / \mu) P_0$
2) $2\mu P_2 = (\lambda + \mu) P_1 - \lambda P_0$		$2\mu P_2 = (\lambda + \mu) \lambda P_0 - \lambda P_0 = P_0 (\lambda^2 / \mu)$
...		...
...		$P_2 = (\lambda / \mu)^2 \frac{1}{2} P_0$
...		...
$k+1) (k+1)\mu P_{k+1} = (\lambda + k\mu) P_k - \lambda P_{k-1}$		$P_{k+1} = (\lambda / \mu)^{k+1} \frac{1}{(k+1)!} P_0$
.....		.....
n) $n\mu P_n = \lambda P_{n-1}$	$\alpha = \lambda / \mu$	$P_k = (\alpha^k / k!) P_0$
$\sum P_k = 1$		$P_k = (\alpha^k / k!) - \text{формула Эрланга}$
$\sum (\alpha^k / k!) P_0 = 1; P_0 = (\sum (\alpha^k / k!))^{-1}$		$\sum (\alpha^k / k!) \text{ для уст. режима}$

Запись формулы для вероятности обслуживания ( $P_{k < n}$ ) и вероятности отказа ( $P_n$ )

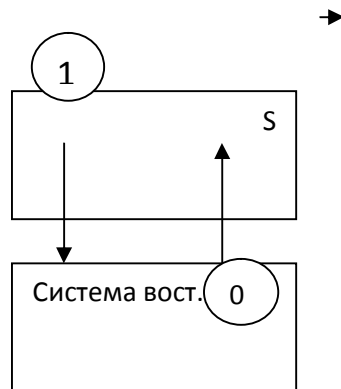
Провести расчеты  $P_n$  для:

$\alpha=0,2$	0,6	1	2	6
0,00111	0,003	0,0154	0,0952	0,4696

2) Рассмотрим и исследуем процесс функционирования системы, которая может находиться в одном из 2х состояний:

- работоспособная -1;
- не работоспособная -0.

Процесс функционирования определяется временем наработки на отказ - T (сл. вел) подчиняющаяся  $\text{exp}(\lambda)$  для обеспечения ее эксплуатации имеется система восстановления, которая восстанавливает работоспособность системы за время  $T_v$  с интенсивностью  $\mu \text{exp}(\mu)$



Показателем характеризующим надежность работы системы примем вероятность б/о функционирования в течении времени t:

$P_1(t)$ . ( $P_0(t)$  - отказ).

Построим модель функционирования этой системы.

Модель этой системы - это система диф-ых ур-ий, которые построены по правилу Колмогорова.

При  $t=0$ ,  $P_1(0)=1$ ;

$$P_0(0)=0$$

$$P_0(t) + P_1(t)=1$$

$$P_0(t)=1 - P_1(t)$$

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = \lambda(t) P_1(t) - \mu(t) P_0(t);$$

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = -\lambda(t) P_1(t) + \mu(t) P_0(t);$$

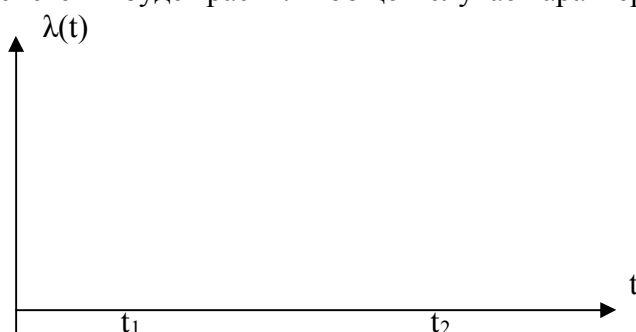
$$\frac{dP_1(t)}{dt} = -\lambda(t) P_1(t) + \mu(t)(1 - P_1(t)) = (-\lambda(t) - \mu(t)) P_1(t) + \mu(t);$$

$$\frac{dP_1(t)}{dt} + (\lambda(t) + \mu(t)) P_1(t) = \mu(t);$$

Решение этого уравнения имеет вид:

$$P_1(t) = e^{-\int(\lambda(\tau)+\mu(\tau))d\tau} [\mu(\tau)e^{\int(\lambda(x)+\mu(x))dx} d\tau + 1];$$

Здесь  $\lambda$  и  $\mu$  заданы в общем виде дальнейшее решение может быть только численными методами.  $\lambda$  - это характеристика интенсивности отказов. Эта величина по мере износа деталей системы будет расти. В общем случае характер ее изменения приведен на рис.1.



Если же исследовать функционирование системы на интервале  $(t_1, t_2)$ , то можно принять  $\lambda(t)=\lambda$ , а  $\mu(t)=\mu$ . Тогда  $P_1(t) = \frac{\mu}{\lambda+\mu} + \frac{\lambda}{\lambda+\mu} \frac{e^{-(\lambda+\mu)t}}{\lambda+\mu}$

Соответственно

$$P_0(t) = 1 - P_1(t) = 1 - \frac{\mu}{\lambda+\mu} + \frac{\lambda}{\lambda+\mu} \frac{e^{-(\lambda+\mu)t}}{\lambda+\mu} = \frac{\lambda}{\lambda+\mu} - \frac{\lambda}{\lambda+\mu} \frac{e^{-(\lambda+\mu)t}}{\lambda+\mu} = \frac{\lambda}{\lambda+\mu} (1 - e^{-(\lambda+\mu)t});$$

### Таблица Критерии оценки:

Критерии	Оценка	Уровень
1) полное достижение поставленной цели;	«отлично»	повышенный (продвинутый) уровень
2) Точное определение класса условий труда на рабочих ме-		

<p>стах;</p> <p>3) правильная формулировка понятий и категорий;</p> <p>4) умение вводить и использовать собственные классификации и квалификации, анализировать и делать собственные выводы по рассматриваемой теме;</p> <p>5) использование дополнительной литературы и иных материалов и др.</p>		
--	--	--

**4.2 Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**  
**Перечень примерных контрольных вопросов к промежуточным аттестациям и зачету по учебной дисциплине**

1. Схемное представление системы (диаграммы систем и их компонентов)
2. Общее представление о системном анализе
3. Постановка задачи системного моделирования
4. Этапы моделирования систем
5. Формирование и построение модели проблемной ситуации.
6. Показатели эффективности и критерии выбора
7. Факторы, влияющие на эффективность функционирования системы
8. Постановка задачи принятия решения
9. Принятие решения в условиях определенности
10. Принятие решения в условиях неопределенности
11. Риск – как мера неопределенности
12. Математическое моделирование
13. Анализ и синтез – как методы построения моделей
14. Характерные особенности моделей
15. Структурно-функциональная модель сложной системы
16. Методы анализа процессов в системах
17. Анализ стационарных состояний.
18. Устойчивость системы. Средства управления устойчивостью.
19. Методы анализа устойчивости больших систем
20. Способы и методы управления большими системами

21. Целенаправленная система – управляемая система
22. Мультиагентные системы, связь с системами, основанными на знаниях.
23. Система массового обслуживания. Характеристика и язык описания.
24. Свойства модели массового обслуживания
25. Задача управления запасами
26. Транспортная задача как элемент управления большими системами.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература**

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. 2 т. – М.: Юрайт, 2012. – 344 с.
2. Качала В.В. Основы теории систем и системного анализа. Горячая линия-Телеком, 2012, -210 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5159](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5159);
3. Степаненко Е.А., Мельник Н.А. Элементы теории вероятностей и случайных процессов: Учебное пособие.- К. КубГУ, 2016 . 370с.

### **5.2 Дополнительная литература**

1. В. Дьяконов MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. Питер, 2002. – с. 246
2. Советов Б.Н. Моделирование систем: Учеб. для вузов 3-е издание перераб. – М: Высшая школа, 2001, 343с.
3. Черемных С.В. Моделирование и анализ систем IDEF – технологии – М.: Финансы и статистика, 2002.
4. Степаненко Е.А. Теория системного анализа и принятия решений: Учебное пособие. Краснодар, 2008, 70с.

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://www.terry.uga.edu/mcdm/>
2. <http://www.ccas.ru/mmes/mmeda>
3. <http://nimbus.mit.jyu.fi/>

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

#### ***Критерии экзаменационной оценки***

**Отлично** – уверенное знание всех понятий, конструкций и утверждений, представленных в экзаменационных вопросах, способность к анализу и синтезу понятий и утверждений, доказательство аналитических утверждений, умение решать теоретические задачи, связанные с изученным материалом;

**Хорошо** – знание всех понятий, конструкций и утверждений, представленных в экзаменационных вопросах, грамотное оформление определений и доказательств, навыки анализа и синтеза при решении теоретических задач;

**Удовлетворительно** – знание основных понятий, структур доказательств утверждений и теорем, полное доказательство отдельных утверждений, правильное использование математического языка для представления определений и формулировок результатов.

### ***Критерии получения итогового экзамена по предмету***

Итоговая оценка по предмету выставляется в случае получения верных ответов на поставленные вопросы, а также в целом верного решения предложенных качественных задач. Ответ на вопрос в составе билета считается правильным, если он включает верное определение всех необходимых понятий, точные формулировки основных результатов (аналитические утверждения), знаний структуры доказательств (обоснований), а также умение самостоятельного изложения доказательств. Критерии оценки ответа: оценка на + (верный полный ответ) или +/- (в целом верный ответ, содержащий недостатки, которые были устранены в присутствии преподавателя). В остальных случаях результат проверки – или -/+, а также +/-, если студент испытывает трудности с полным ответом с помощью преподавателя.

### ***Критерии промежуточной аттестации***

Оценивается решение контрольных задач, однотипных и близких по сложности с зачетными, с помощью четырех бальной системы + (верное и полное решение) или +/- (в целом верное решение, содержащее незначительные недостатки), -/+ (неполное решение или решение, содержащее грубые ошибки, отдельные части которого можно использовать для решения задачи), - (неверное решение, не содержащее значимых фрагментов, ведущих к решению задачи).

Оценка качества освоения программы дисциплины « моделирование систем» включает текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию обучающихся и итоговую государственную аттестацию учащихся в форме экзамена.

**7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

**8.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

1. MS-Excel.

**8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	<i>Лекционные занятия</i>	Теоретические и практические занятия должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной современными персональными компьютерами и программным обеспечением в соответствии с тематикой изучаемого материала. Число рабочих мест в аудитории должно быть таким, чтобы обеспечивалась индивидуальная работа студента на отдельном персональном компьютере. Аудитория также должна быть оснащенной современным компьютером с подключенным к нему проектором с видеотерминала на настенный экран, или иным аналогичным по функциональному назначению оборудованием.
2.	<i>Лабораторные занятия</i>	Теоретические и практические занятия должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной современными персональными компьютерами и программным обеспечением в соответствии с тематикой изучаемого материала. Число рабочих мест в аудитории должно быть таким, чтобы обеспечивалась индивидуальная работа студента на отдельном персональном компьютере. Аудитория также должна быть оснащенной современным компьютером с подключенным к нему проектором с видеотерминала на настенный экран, или иным аналогичным по функциональному назначению оборудованием.
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Учебная аудитория, поддерживающая возможность консультирования

4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория поддерживающая возможность контроля знаний.
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

### **9.1. Материально-техническая база, необходимая для осуществления инклюзивного образовательного процесса**

Данный раздел составлен на основе и с учетом следующих нормативно-правовых актов:

1. Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации";
2. Конвенции о правах инвалидов. Принята Резолюцией 61/106 Генеральной Ассамблеи ООН от 13 декабря 2006 г.;
3. Федерального закона от 03.05.2012 № 46-ФЗ "О ратификации Конвенции о правах инвалидов";
4. Федерального закона от 01.12.2014 № 419-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам социальной защиты инвалидов в связи с ратификацией Конвенции о правах инвалидов";
5. Приказа Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1258 "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам ординатуры";
6. Приказа Минобрнауки России от 09.11.2015 № 1309 "Об утверждении Порядка обеспечения условий доступности для инвалидов объектов и предоставляемых услуг в сфере образования, а также оказания им при этом необходимой помощи";
7. Приказа Минобрнауки России от 19.12.2013 № 1367 "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры";
8. Устава ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»

С целью обеспечения инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ОВЗ по программам высшего образования на территории и в здании ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» создана без барьерная архитектурная среда, учитывающая потребности инвалидов и лиц с ОВЗ с учетом различных нозологий и обеспечивающая возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения организации, а также пребывания в указанных помещениях (пан-



дусы, поручни, расширенные дверные проемы, лифт, локальное понижение стоек-барьеров; специальные кресла и другие приспособлений). Для слабовидящих справочная информация о расписании учебных занятий выполнена крупным рельефно-контрастным шрифтом на белом фоне и продублирована шрифтом Брайля. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху установлен монитор с возможностью трансляции субтитров, на котором дублируется справочная информации о расписании учебных занятий.

Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована звукоусиливающей аппаратурой, компьютерной техникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

Для студентов с нарушениями зрения используются компьютерные тифлотехнологии. Комплекс программных средств обеспечивает преобразование компьютерной информации в доступные для незрячих и слабовидящих формы, и позволяет им самостоятельно работать на обычном персональном компьютере. Для слабовидящих студентов в лекционных аудиториях предусмотрена возможность просмотра удаленных объектов (слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра. В университете имеется также брайлевская компьютерная техника (дисплей), электронные лупы, программы не визуального доступа к информации, программы-синтезаторы речи. В ФГБОУ ВО «КубГУ» разработана и функционирует альтернативная версия официального сайта университета в сети "Интернет" для слабовидящих.

Для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата предназначены специальные устройства для ввода информации и другие технические средства приема-передачи учебной информации. Используется большая программируемая клавиатура IntelliKeysUSB – специальная клавиатура, которая предназначена пользователям с серьезными нарушениями моторики. Она соединяет в себе функции как обычной клавиатуры, так и компьютерной мыши. Клавиши на этой клавиатуре больше, чем на стандартной, поэтому она может использоваться людьми с ограниченными возможностями зрения.