МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль) / специализация: **Проектирование и технология радиоэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиоконструкторский факультет (РКФ)**
Кафедра: **Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры (КИПР)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	72	72	часов
	2	2	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет	6

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по учебной работе
Дата подписания: 27.05.2026
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 78623

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Сформировать у студентов методологию проектирования цифровых двойников радиоэлектронных средств.

1.2. Задачи дисциплины

1. Сформировать способность использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности в области проектирования цифровых двойников радиоэлектронных средств.
2. Сформировать способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности в области проектирования цифровых двойников радиоэлектронных средств.
3. Сформировать способность проводить сбор, анализ и систематизацию научно-исследовательской информации, формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронных средств, разрабатывать техническое задание, требования и условия на проектирование цифровых двойников радиоэлектронных средств.
4. Сформировать способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач в области проектирования цифровых двойников радиоэлектронных средств.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: ФТД. Факультативные дисциплины.

Индекс дисциплины: ФТД.В.01.02.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		

Согласована на портале № 78623

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знает методики сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации для решения поставленных задач, а также методы системного анализа	Знает основные российские и зарубежные источники актуальной информации по тематике цифровых двойников изделий
	УК-1.2. Умеет применять методики поиска, сбора и обработки информации, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников	Умеет работать с информацией о цифровых двойниках изделий
	УК-1.3. Владеет методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации, методикой системного подхода для решения поставленных задач; способен генерировать различные варианты решения поставленных задач	Владеет методикой системного подхода для разработки матрицы целевых показателей проектируемых радиоэлектронных средств
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики	Знает принципы компьютерного моделирования и анализа физических и технических свойств радиоэлектронных средств
	ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области	Умеет создавать мультифизические модели простейших радиоэлектронных средств
	ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач	Владеет опытом работы в системах автоматизированного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств

Согласована на портале № 78623

ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1. Знает приемы, способы и методы применения вычислительной техники при выполнении функции сбора, хранения, обработки, передачи и использования данных	Знает приемы, способы и методы применения вычислительной техники для реализации программно-технологической платформы цифровых двойников радиоэлектронных средств
	ОПК-4.2. Умеет работать с информацией в глобальных компьютерных сетях	Умеет определять технические и программные требования к серверам, базам данных и другим компонентам информационных облачных технологий для реализации потенциала цифровых двойников радиоэлектронных средств
	ОПК-4.3. Владеет практическими навыками решения задач профессиональной деятельности с использованием информационных технологий	Владеет опытом использования систем автоматизированного проектирования для разработки цифровых моделей и цифровых двойников радиоэлектронных средств
Профессиональные компетенции		
ПК-9. Способен проводить сбор, анализ и систематизацию научно-исследовательской информации, формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронных средств, разрабатывать техническое задание, требования и условия на проектирование радиоэлектронных средств	ПК-9.1. Знает принципы сбора, анализа и систематизации научно-исследовательской информации	Знает принципы сбора, анализа и систематизации информации, касающейся разработки цифровых двойников радиоэлектронных средств
	ПК-9.2. Умеет формулировать цели и задачи проектирования радиоэлектронных средств	Умеет формулировать цели и задачи проектирования цифровых двойников радиоэлектронных средств
	ПК-9.3. Владеет опытом разработки технических заданий, требований и условий на проектирование радиоэлектронных средств	Владеет опытом разработки матрицы целевых показателей для проектирования цифровых двойников радиоэлектронных средств

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18

Согласована на портале № 78623

Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Подготовка к зачету	21	21
Подготовка к тестированию	15	15
Общая трудоемкость (в часах)	72	72
Общая трудоемкость (в з.е.)	2	2

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр					
1 Введение. Основные подходы к определению понятия "цифровой двойник". Концепция цифровых двойников изделий.	1	1	3	5	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
2 Математические и компьютерные модели	2	2	3	7	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
3 Мультидисциплинарные модели. Адекватность моделей	2	2	4	8	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
4 Верификация моделей	1	1	4	6	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
5 Валидация моделей	1	1	4	6	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
6 Верификация и валидация программного обеспечения компьютерного моделирования	1	2	3	6	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
7 Многоуровневая система требований	1	6	3	10	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
8 Цифровые (виртуальные) испытания	1	1	3	5	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
9 Цифровой (виртуальный) испытательный стенд и цифровой (виртуальный) испытательный полигон	2	2	3	7	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
10 Программно-технологическая платформа цифровых двойников	2	-	2	4	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
11 Цифровая модель изделия	2	-	2	4	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
12 Двусторонние информационные связи. Цифровые двойники для созданных и еще разрабатываемых изделий. Резюме курса и тенденции развития цифровых двойников в промышленности	2	-	2	4	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
Итого за семестр	18	18	36	72	
Итого	18	18	36	72	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Согласована на портале № 78623

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.
Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Введение. Основные подходы к определению понятия "цифровой двойник". Концепция цифровых двойников изделий.	Введение. Основные подходы к определению понятия "цифровой двойник". Концепция цифровых двойников изделий.	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	1	
2 Математические и компьютерные модели	Основы математического и компьютерного моделирования. Содержательное, концептуальное и формальное моделирования	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	2	
3 Мультидисциплинарные модели. Адекватность моделей	Мультидисциплинарные модели. Адекватность моделей	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	2	
4 Верификация моделей	Верификация моделей	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	1	
5 Валидация моделей	Валидация моделей	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	1	
6 Верификация и валидация программного обеспечения компьютерного моделирования	Верификация и валидация программного обеспечения компьютерного моделирования	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	1	
7 Многоуровневая система требований	Многоуровневая система требований. Основы инженерии требований.	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	1	
8 Цифровые (виртуальные) испытания	Цифровые (виртуальные) испытания	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	1	
9 Цифровой (виртуальный) испытательный стенд и цифровой (виртуальный) испытательный полигон	Цифровой (виртуальный) испытательный стенд и цифровой (виртуальный) испытательный полигон	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	2	

Согласована на портале № 78623

10 Программно-технологическая платформа цифровых двойников	Программно-технологическая платформа цифровых двойников	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	2	
11 Цифровая модель изделия	Цифровая модель изделия	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	2	
12 Двусторонние информационные связи. Цифровые двойники для созданных и еще разрабатываемых изделий. Резюме курса и тенденции развития цифровых двойников в промышленности	Двусторонние информационные связи. Цифровые двойники для созданных и еще разрабатываемых изделий. Резюме курса и тенденции развития цифровых двойников в промышленности	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	2	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Введение. Основные подходы к определению понятия "цифровой двойник". Концепция цифровых двойников изделий.	Применение концепции цифровых двойников изделий к радиоэлектронным средствам	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	1	
2 Математические и компьютерные модели	Рассмотрение классификации математических и компьютерных моделей радиоэлектронных средств	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	2	
3 Мультидисциплинарные модели. Адекватность моделей	Анализ адекватности моделей радиоэлектронных средств	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	2	
4 Верификация моделей	Анализ верифицируемости моделей радиоэлектронных средств	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	1	
5 Валидация моделей	Анализ валидируемости моделей радиоэлектронных средств	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	1	

Согласована на портале № 78623

6 Верификация и валидация программного обеспечения компьютерного моделирования	Обзор и сравнительный анализ САПР для моделирования радиоэлектронных средств	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	2	
7 Многоуровневая система требований	Разработка многоуровневой матрицы целевых показателей. Решение задач по инженерии требований	6	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	6	
8 Цифровые (виртуальные) испытания	Анализ условий для цифровых (виртуальных) испытаний	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	1	
9 Цифровой (виртуальный) испытательный стенд и цифровой (виртуальный) испытательный полигон	Синтез требований для цифровых (виртуальных) стендов и полигонов	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Введение. Основные подходы к определению понятия "цифровой двойник". Концепция цифровых двойников изделий.	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Тестирование
	Итого	3		
2 Математические и компьютерные модели	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Тестирование
	Итого	3		
3 Мультидисциплинарные модели. Адекватность моделей	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Тестирование
	Итого	4		

Согласована на портале № 78623

4 Верификация моделей	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Тестирование
	Итого	4		
5 Валидация моделей	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Тестирование
	Итого	4		
6 Верификация и валидация программного обеспечения компьютерного моделирования	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Тестирование
	Итого	3		
7 Многоуровневая система требований	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Тестирование
	Итого	3		
8 Цифровые (виртуальные) испытания	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Тестирование
	Итого	3		
9 Цифровой (виртуальный) испытательный стенд и цифровой (виртуальный) испытательный полигон	Подготовка к зачету	2	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Тестирование
	Итого	3		
10 Программно-технологическая платформа цифровых двойников	Подготовка к зачету	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Тестирование
	Итого	2		
11 Цифровая модель изделия	Подготовка к зачету	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Тестирование
	Итого	2		
12 Двусторонние информационные связи. Цифровые двойники для созданных и еще разрабатываемых изделий. Резюме курса и тенденции развития цифровых двойников в промышленности	Подготовка к зачету	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Тестирование
	Итого	2		

Согласована на портале № 78623

Итого за семестр	36	
Итого	36	

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	Зачёт, Тестирование
ОПК-4	+	+	+	Зачёт, Тестирование
ПК-9	+	+	+	Зачёт, Тестирование
УК-1	+	+	+	Зачёт, Тестирование

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
6 семестр				
Зачёт	0	0	30	30
Тестирование	10	20	40	70
Итого максимум за период	10	20	70	100
Нарастающим итогом	10	30	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)

Согласована на портале № 78623

3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт / под науч. ред. А.И. Боровкова. – М.: Альянспринт, 2020. – 401 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://dfnc.ru/wp-content/uploads/2020/09/Kniga-TSfirovoj-dvojnik.pdf.

7.2. Дополнительная литература

1. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems (Excerpt): Working Paper. – 2016. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/307509727_Origins_of_the_Digital_Twin_Concept.

2. Grieves M. Intelligent digital twins and the development and management of complex systems [version 1; peer review: 4 approved]. Digital Twin 2022, 2:8. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://doi.org/10.12688/digitaltwin.17574.1.

3. ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения». [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://protect.gost.ru/v.aspx?control=7&id=241313.

4. Цифровые двойники: вопросы терминологии / А.И. Боровков, Ю.А. Рябов, Л.А. Щербина, А.А. Гамзикова. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – 28 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://nticenter.spbstu.ru/news/8014.

5. ГОСТ Р 57188–2016 Численное моделирование физических процессов. Термины и определения. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=205363.

6. ГОСТ Р 57700.23–2020 Компьютерные модели и моделирование. Валидация. Общие положения. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://protect.gost.ru/default.aspx/v.aspx?control=7&id=239183.

7. ГОСТ Р 57700.2–2017 Численное моделирование для разработки и сдачи в эксплуатацию высокотехнологичных промышленных изделий. Сертификация программного обеспечения. Общие положения. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://protect.gost.ru/default.aspx/v.aspx?control=7&id=217662.

8. ГОСТ 16504–81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=147680.

9. ГОСТ 26883–86 Внешние воздействующие факторы. Термины и определения. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=142090.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Халл, Э. Инженерия требований / Э. Халл, К. Джексон, Д. Дик ; под редакцией В. К. Батоврина ; перевод с английского А. Снастина. — Москва : ДМК Пресс, 2017. — 218 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93270.

2. Э. Халл, К. Джексон, Д. Дик. Разработка и управление требованиями. Практическое руководство пользователя (второе издание). 2005г. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://www.swd.ru/files/share/DOORS/books/eBook_RU_Requirements_Engineering.pdf.

3. Системный анализ : учебник и практикум для вузов / В. В. Кузнецов [и др.] ; под общей редакцией В. В. Кузнецова. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 270 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/470643.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Согласована на портале № 78623

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

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория ГПО / Лаборатория автоматизированного проектирования: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 403 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Мультимедийный проектор TOSHIBA;
- Телевизор-монитор SAMSUNG;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- Microsoft Office;
- Microsoft Windows;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;

Лаборатория прикладного программирования: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 302 ауд.

Согласована на портале № 78623

Описание имеющегося оборудования:
- Мультимедиа устройство Hisense H50N5300;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- Microsoft Office;
- Microsoft Windows;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Согласована на портале № 78623

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение. Основные подходы к определению понятия "цифровой двойник". Концепция цифровых двойников изделий.	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Математические и компьютерные модели	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Мультидисциплинарные модели. Адекватность моделей	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Верификация моделей	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Валидация моделей	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Верификация и валидация программного обеспечения компьютерного моделирования	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
7 Многоуровневая система требований	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
8 Цифровые (виртуальные) испытания	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
9 Цифровой (виртуальный) испытательный стенд и цифровой (виртуальный) испытательный полигон	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
10 Программно-технологическая платформа цифровых двойников	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 78623

11 Цифровая модель изделия	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
12 Двусторонние информационные связи. Цифровые двойники для созданных и еще разрабатываемых изделий. Резюме курса и тенденции развития цифровых двойников в промышленности	ОПК-1, ОПК-4, ПК-9, УК-1	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции

Согласована на портале № 78623

2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Для подтверждения точности соответствия компьютерной модели первоначальной математической модели исследуемого объекта прибегают к реализации процесса…
   Выберите один ответ:
   a. Апробации модели
   b. Верификации модели
   c. Экспертной оценки модели
   d. Валидации модели
2. Для какого типа продукции/изделий экономически целесообразны инвестиции в создание цифровых двойников?
   Выберите один ответ:
   a. Для производства однотипных изделий с низким уровнем технологичности
   b. Для наукоемкой продукции высокого уровня сложности
   c. Для пищевых типов продукции
   d. Для массового типа производства простых изделий
3. Наполнение цифрового двойника содержательными данными позволяет
   Выберите один ответ:
   a. упрощать модели машинного обучения
   b. игнорировать требования, указанные в технической документации заказчика
   c. полностью отказаться от проведения дорогостоящих натурных испытаний
   d. прогнозировать поведение изделия на всех стадиях жизненного цикла и управлять этим поведением
4. Выберите вариант, который содержит «базовые технологии» программно-технологических платформ цифровых двойников
   Выберите один ответ:
   a. Технологии виртуальной и дополненной реальности
   b. Технологии блокчейн
   c. Технологии компьютерного проектирования и моделирования
   d. Технологии аддитивного производства
5. Сертификация программного обеспечения компьютерного моделирования – это:
   Выберите один ответ:
   a. подтверждение того, что программное обеспечение компьютерного моделирования

Согласована на портале № 78623

самостоятельно выполняет проверку всего
исходного кода на выявление и устранение ошибок
b. верификация и валидация программного обеспечения компьютерного моделирования
c. подтверждение того, что программное обеспечение компьютерного моделирования выполняет подготовку исходных
данных, расчеты и обработку результатов таких расчетов в соответствии с указанной математической моделью
d. форма подтверждения соответствия программного обеспечения компьютерного моделирования заявленной области применения

6. Выберите обязательные компоненты цифровой модели изделия
Выберите один ответ:
a. Имитационные модели, компьютерные модели и электронные конструкторские документы
b. Математические модели, электронные конструкторские документы и двусторонние информационные связи с изделием
c. Математические модели, компьютерные модели и двусторонние информационные связи с изделием
d. Математические модели, компьютерные модели и электронные документы
7. Какие типы цифровых двойников выделены в рамках концепции Майкла Гривса?
Выберите один ответ:
a. Digital Twin Prototype, Digital Twin Instance, Digital Twin Aggregate
b. Quality Digital Twin, Operational Digital Twin
c. Predictive Digital Twin, Information and Diagnostic Digital Twin
d. Virtual Twin, Digital Twin, Hybrid Twin
8. Наиболее близким классом программных систем, которые могут стать основой программно-технологических платформ, базирующихся на технологиях компьютерного проектирования и моделирования и технологиях оптимизации являются…
Выберите один ответ:
a. PDM-системы (Product Data Management)
b. SPDM-системы (Simulation Process and Data Management)
c. PLM-системы (Product Lifecycle Management)
d. CAD-системы (Computer-Aided Design)
9. Какие данные используются цифровым двойником для прогнозирования состояния изделия и его поведения в конкретных условиях эксплуатации?
Выберите один ответ:
a. Данные, характеризующие историю эксплуатации изделий аналогов
b. Данные, характеризующие конкретные геометрические и технологическиехарактеристики изделия, сформированные на стадии производства
c. Данные, собираемые в режиме реального времени, а также исторические (накопленные) данные о функционировании конкретного изделия
d. Результаты компьютерного моделирования на стадии разработки изделия
10. Выберите вариант взаимодействия между виртуальным и реальным пространствами, который предусмотрен в рамках концепции цифровых двойников
Выберите один ответ:
a. Двусторонний обмен данными и информацией
b. Информационная изоляция реального и виртуального пространств
c. Односторонняя передача информационных потоков из виртуального пространства в реальное пространство
d. Односторонняя передача данных из реального пространства в виртуальное пространство
11. Выберите вариант, который описывает соответствие между разработкой цифровой модели и цифрового двойника изделия
Выберите один ответ:
a. Разработка цифрового двойника изделия невозможна без создания цифровой модели изделия
b. Разработка цифровой модели и разработка цифрового двойника взаимозависимы, при этом могут быть реализованы как и по отдельности, так и совместно

Согласована на портале № 78623

c. Разработка цифровой модели изделия невозможна без формирования цифрового двойника изделия
d. Разработка цифрового двойника и разработка цифровой модели изделия не зависят друг от друга

12. Испытательный стенд – это техническое устройство, которое предназначено для…
Выберите один ответ:
a. проведения натурных испытаний
b. воспроизведения условий только вибрационных испытаний
c. воспроизведения условий испытаний
d. воспроизведения условий только приёмочных испытаний
13. К какому значению стремится показатель уровня адекватности цифровых двойников изделий?
Выберите один ответ:
a. 1
b. $-\infty$
c. $+\infty$
d. 0
14. В рамках компьютерного моделирования построение расчетной схемы реализуется на этапе…
Выберите один ответ:
a. Физической постановки задачи
b. Разработки вычислительного алгоритма решения задачи
c. Математической постановки задачи
d. Проведения расчетов на ЭВМ
15. Процесс подтверждения воспроизводимости компьютерной моделью физических свойств объекта моделирования и/или его составных частей является частью…
Выберите один ответ:
a. Квалификации модели
b. Валидации модели
c. Аттестации модели
d. Верификации модели
16. Управление поступающим потоком данных от эксплуатируемого изделия с целью генерации исключительно содержательных данных (Smart Big Data) характерно для …
Выберите один ответ:
a. Цифровой тени
b. Цифрового двойника изделия
c. Цифровой модели изделия
d. Компьютерной модели изделия
17. Проведение верификации ПО КМ относится к области ответственности:
Выберите один ответ:
a. разработчика программного обеспечения
b. федеральной службы по интеллектуальной собственности
c. разработчика математической модели
d. конечного пользователя, который загружает модель и получает результат
18. Согласно представлениям Общества компьютерного моделирования (SCS), процедура валидации отображает соответствие между …
Выберите один ответ:
a. Математической моделью и выбранным методом решения
b. Компьютерной моделью и данными, полученными по результатам испытаний физической модели
c. Реальным объектом и применяемой расчетной схемой
d. Математической и компьютерной моделями
19. Что позволяет провести оценку уровня адекватности модели?
Выберите один ответ:
a. Валидация и верификация
b. Имитационное моделирование
c. Повторный расчет с использованием тестового набора начальных и граничных условий

Согласована на портале № 78623

d. Экспертные оценки и натурные испытания

20. Выберите наиболее подходящий вариант утверждения: “Цифровой двойник изделия наполняется данными…”
    Выберите один ответ:
    a. на каждой стадии жизненного цикла изделия
    b. только на стадии изготовления изделия
    c. исключительно на стадии маркетинговых исследований изделия
    d. непосредственно на стадии планирования и технологической проработки процессов изготовления изделия

9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Введение. Основные подходы к определению понятия "цифровой двойник". Концепция цифровых двойников изделий.
2. Математические и компьютерные модели
3. Мультидисциплинарные модели. Адекватность моделей
4. Верификация моделей
5. Валидация моделей
6. Верификация и валидация программного обеспечения компьютерного моделирования
7. Многоуровневая система требований
8. Цифровые (виртуальные) испытания
9. Цифровой (виртуальный) испытательный стенд и цифровой (виртуальный) испытательный полигон
10. Программно-технологическая платформа цифровых двойников
11. Цифровая модель изделия
12. Двусторонние информационные связи. Цифровые двойники для созданных и еще разрабатываемых изделий. Резюме курса и тенденции развития цифровых двойников в промышленности

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями

Согласована на портале № 78623

здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 78623

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КИПР
протокол № 24 от «20» 1 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. КИПР	Н.Н. Кривин	Согласовано, 61bb81d6-898a-4d50-b92b-bf79399fcfac
Заведующий обеспечивающей каф. КИПР	Н.Н. Кривин	Согласовано, 61bb81d6-898a-4d50-b92b-bf79399fcfac
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. КИПР	Н.Н. Кривин	Согласовано, 61bb81d6-898a-4d50-b92b-bf79399fcfac
Доцент, каф. КИПР	А.А. Чернышев	Согласовано, 72a81577-12a0-4023-8fe9-e3b84d6716fc

РАЗРАБОТАНО:

Заведующий кафедрой, каф. КИПР	Н.Н. Кривин	Разработано, 61bb81d6-898a-4d50-b92b-bf79399fcfac

Согласована на портале № 78623