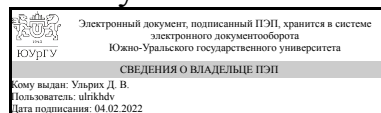


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Архитектурно-строительный  
институт



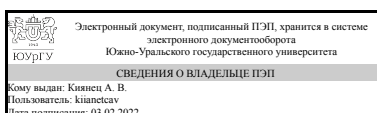
Д. В. Ульрих

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.П1.32.01 Оптимизация распределения усилий в строительных конструкциях  
**для направления** 08.03.01 Строительство  
**уровень** Бакалавриат  
**профиль подготовки** Строительство зданий и проектирование инженерных систем  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Строительное производство и теория сооружений

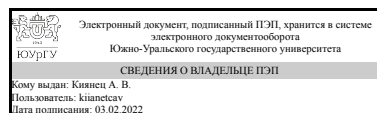
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, утверждённым приказом Минобрнауки от 31.05.2017 № 481

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



А. В. Киянец

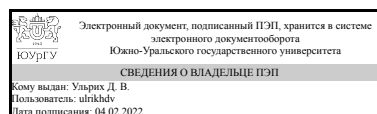
Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



А. В. Киянец

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы  
д.техн.н., доц.



Д. В. Ульрих

## 1. Цели и задачи дисциплины

Формирование системы естественнонаучных знаний, умений и навыков, необходимых для принятия и оценки оптимальных параметров, а также регулирования усилий в строительных конструкциях.

## Краткое содержание дисциплины

Простейшие задачи оптимального проектирования. Регулирование усилий и перемещений. Некоторые задачи, связанные с поиском экстремума функции. Приложение классического вариационного исчисления к задачам оптимизации. Основы линейного программирования и его приложение к задачам оптимизации. Понятие о нелинейном и динамическом программировании.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-6 Способен проводить расчетное обоснование и проектирование оснований и фундаментов, строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения	Знает: основные методы оптимизации строительных конструкций, принципы регулирования усилий в конструкциях. Умеет: разрабатывать оптимизационные задачи при проектировании строительных конструкций. Имеет практический опыт: методик расчета и оценки напряженно-деформированного состояния строительных конструкций с учетом изменения конструкционных и топологических параметров.

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Конструкции из дерева и пластмасс, Железобетонные и каменные конструкции, Основания и фундаменты, Технология металлов и сварки, Численные методы расчета строительных конструкций, Строительная механика, Метод конечных элементов для решения задач в строительстве, Металлические конструкции, Производственная практика, исполнительская практика (6 семестр)	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
------------	------------

Строительная механика	<p>Знает: основные понятия, законы, методы механики деформируемого тела; основные понятия линейно-деформируемых систем и методы расчёта стержневых систем. Умеет: применять методы математики, сопротивления материалов и строительной механики при расчете зданий, сооружений и отдельных конструкций; составлять расчётную схему конструкции, выбирать метод расчёта статически. Имеет практический опыт: владения вычислительной техникой и программными комплексами для расчета строительных конструкций, зданий и сооружений; современных методов анализа строительных систем, включая методы компьютерного моделирования конструкций, зданий и сооружений.</p>
Численные методы расчета строительных конструкций	<p>Знает: базовые математические зависимости, основные положения математического анализа и моделирования строительных конструкций посредством вычислительного аппарата высшей математики. Умеет: производить расчёт элементов строительных конструкций с применением принципов и методов строительной механики. Имеет практический опыт: способов алгоритмизации технических задач, базовых основ языков программирования на компьютере и методов автоматизированных расчётов строительных конструкций на базе пакетов прикладных программ, навыков применения методов вычислительной математики для решения задач строительства на ЭВМ.</p>
Основания и фундаменты	<p>Знает: основные нормативные документы по проектированию фундаментов на естественном основании и фундаментов глубокого заложения, в том числе в особых условиях., основные нормативные документы по проектированию фундаментов на естественном основании и фундаментов глубокого заложения, в том числе в особых условиях. Умеет: анализировать результаты инженерно-геологических изысканий., выполнять расчеты по I и II группам предельных состояний фундаментов на естественном основании и свайных фундаментов. Имеет практический опыт: проектирования конструкций фундаментов на естественном основании и свайных фундаментов, в том числе с использованием специализированных программных комплексов., сбора нагрузок на фундаменты, выбора глубины заложения; определения расчетного сопротивления основания и размеров подошвы фундаментов мелкого заложения; расчета осадки методом послойного суммирования; проверки слабых подстилающих слоев; расчетного</p>

	<p>определения несущей способности свай; расчета осадки одиночных свай, группы свай; расчета подпорных стен; конструирования фундаментов на естественном основании и свайных фундаментов.</p>
<p>Конструкции из дерева и пластмасс</p>	<p>Знает: методы расчета деревянных и пластмассовых конструкций; работу под нагрузкой основных типов конструктивных элементов; принципы усиления деревянных конструкций существующих зданий. Умеет: конструировать элементы, узлы, соединения, деревянные и пластмассовые конструкции; выполнять расчет усиления деревянных конструкций. Имеет практический опыт: в проектировании конструктивных систем, конструировании и расчете элементов; в работе с программами ЭВМ по конструированию конструкций; мониторинга и испытания деревянных конструкций.</p>
<p>Технология металлов и сварки</p>	<p>Знает: основные виды сплавов, их строение; физические, механические и служебные свойства, области применимости и сферы использования материалов; классификацию видов термической обработки; особенности технологических процессов получения материалов с заданным комплексом свойств; основные виды сварки, применяемые в строительстве; преимущества и недостатки сварных соединений; основные типы сварных соединений; технологические требования к сварным соединениям; основы технологии ручной, механизированной и автоматической электродуговой сварки плавлением, газовая и контактная сварка; источники сварочного тока; аналитические зависимости расчета режимов электродуговой и контактной сварки; дефекты сварных соединений; технические требования к сварным соединениям; методы контроля сварных соединений; способы устранения дефектов сварных соединений. Умеет: анализировать диаграмму состояния "железо-углерод"; выбирать условия проведения термической обработки для конкретного вида стали; выбирать необходимый метод определения свойств материалов, привлечь их для определения соответствующий физико-математический аппарат; классифицировать материал по его составу; применять полученные знания для интерпретации наблюдаемых экспериментально явлений; работать с универсальными средствами измерений; использовать преимущества сварных соединений при выборе способа соединения металлических элементов; анализировать причины возникновения дефектов сварных соединений. Имеет практический опыт: проведения основных видов термической</p>

	<p>обработки; навыков маркировки сталей и сплавов; методов анализа и определения физических, химических и механических свойств металлов; методик выбора металлофизического эксперимента для решения определенной задачи; расчета режимов электродуговой сварки; навыков контроля качества сварных соединений.</p>
<p>Метод конечных элементов для решения задач в строительстве</p>	<p>Знает: теорию метода конечных элементов (МКЭ), который является основой большинства современных вычислительных комплексов, предназначенных для расчета строительных конструкций и их элементов. Умеет: правильно формулировать расчетные задачи, подготавливать расчетные схемы строительных конструкций, проводить компьютерные расчеты, анализировать полученные результаты и формировать отчеты по выполненным расчетам. Имеет практический опыт: использования современных программных комплексов автоматизированного расчета конструкций, оценивать и контролировать правильность полученных результатов.</p>
<p>Железобетонные и каменные конструкции</p>	<p>Знает: основные научно-технические проблемы и перспективы развития строительной науки, строительства и смежных областей техники; методы системного анализа при решении научно-технических, организационно-технических и конструкторско-технологических задач в области промышленного и гражданского строительства; методы проведения теоретических и экспериментальных исследований с использованием современного оборудования и средств вычислительной техники; методы архитектурно-строительного проектирования и его физико-технические основы; эффективные проектные решения, отвечающие требованиям перспективного развития отрасли, в том числе с использованием САПР. Умеет: решать вопросы расчета и конструирования строительных объектов и их конструктивных элементов с учетом прочности, жесткости, устойчивости под воздействием постоянных и временных нагрузок. Имеет практический опыт: методов использования математических моделей, элементов прикладного математического обеспечения САПР в решении проектно-конструкторских и технологических задач; методов расчетов зданий и сооружений, их оснований и фундаментов, способами оформления технических решений на чертежах; методов испытаний физико-механических свойств строительных материалов, изделий, конструкций и грунтов.</p>
<p>Металлические конструкции</p>	<p>Знает: основы проектирования металлических конструкций зданий и сооружений различного</p>

	<p>назначения с учетом особенностей их эксплуатации и конструктивных решений; нормативную базу проектирования строительных объектов; математические методы определения напряженно деформированного состояния объектов строительства при действии статических и динамических воздействий. Умеет: правильно выбирать конструкционные материалы, обеспечивающие требуемые показатели надежности, безопасности, экономичности и эффективности сооружений; анализировать воздействия окружающей среды на материал в конструкции; самостоятельно использовать математический аппарат, содержащийся в литературе по строительным наукам; применять полученные знания при работе на персональном компьютере, при использовании операционной системы. Имеет практический опыт: инженерного подхода к проектированию сложных конструктивных систем, навыков конструирования и расчета элементов; владения современными компьютерными технологиями проектирования и исследования напряженного состояния строительных объектов при различных воздействиях.</p>
<p>Производственная практика, исполнительская практика (6 семестр)</p>	<p>Знает: способы социального взаимодействия; установленные нормы и правила командной работы., приёмо-сдаточные нормы технологических процессов в строительстве, технологии строительных процессов, выполняемых на месте прохождения практики; работу основных строительных машин и механизмов., принципы проектирования зданий и сооружений, инженерных сетей и систем. Умеет: определять свою роль в команде, исходя из стратегии сотрудничества для достижения поставленной цели; оценивать идеи других членов команды для достижения поставленной цели., выполнять строительные-монтажные работы в составе бригады или звена, оформлять приёмо-сдаточную документацию., применять методику архитектурно-строительного проектирования (разработки планов, фасадов, узлов здания). Имеет практический опыт: обмена информацией, знаниями и опытом с членами команды., технологий монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию строительных конструкций и инженерных систем строительных объектов., работы в проектных программных комплексах.</p>

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 40,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>	36	36	
Лекции (Л)	12	12	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	31,75	31,75	
с применением дистанционных образовательных технологий	0		
Решение задач	20	20	
Подготовка к зачету	8	8	
Подготовка к практическим занятиям	3,75	3.75	
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Простейшие задачи оптимального проектирования	4	0	4	0
2	Регулирование усилий и перемещений	4	0	4	0
3	Задачи, связанные с поиском экстремума функции	2	0	2	0
4	Приложения классического вариационного исчисления	8	4	4	0
5	Основы линейного программирования и его приложения	10	4	6	0
6	Понятие о нелинейном программировании	4	2	2	0
7	Понятие о динамическом программировании	4	2	2	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	4	Понятие вариации функции, функционала и вариации функционала. Задача вариационного исчисления. Условия экстремума функционала. Условный экстремум функционала, функция Лагранжа.	2
2	4	Некоторые приближенные методы решения классических вариационных задач (метод Рунге, вариационно-разностный метод, метод конечных элементов и др.)	2
3	5	Оптимальное проектирование конструкций, как задача математического программирования. Задача линейного программирования. Жордановы исключения. Модифицированные жордановы исключения.	2

4	5	Симплекс-метод решения задачи линейного программирования. Алгоритмы отыскания опорного и оптимального решения.	2
5	6	Задача нелинейного программирования. Разновидности задачи. Процедура решения задач.	2
6	7	Задача динамического программирования. Метод решения.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Равнонапряженный сжатый стержень. Кольцо - оптимальная форма сечения при кручении.	2
2	1	Рациональные типы сечения балок. Понятие о балках равного сопротивления.	2
3	2	Регулирование усилий изменением схемы. Оптимизация эпюры моментов. Оптимизация сечения.	2
4	2	Регулирование усилий смещением опор. Регулирование перемещений подбором жесткостей.	2
5	3	Пример минимизации стоимости конструкции (задача о безусловном минимуме функции одного перемещения). Раскрытие статической неопределимости. Задача о минимуме потенциальной энергии деформации (поиск безусловного минимума функции двух переменных). Пример минимизации объема стержневой системы (условный минимум, функция Лагранжа)	2
6	4	Задача о критическом значении силы, сжимающей стержень, как вариационная задача о безусловном минимуме потенциальной энергии системы. Условный экстремум функционала. Пример минимизации объема балки при условии жесткости.	2
7	4	Метод Ритца. Пример расчета изгибаемой пластинки. Вариационно-разностный метод. Расчетные уравнения для балки на упругом основании. Пример регулирования реактивного давления.	2
8	5	Аналитический расчет несущей способности стержневой системы. Расчет несущей способности плоской рамы кинематическим методом теории предельного равновесия.	2
9	5	Пример оптимального распределения знаков	2
10	5	Транспортная задача	2
11	6	Пример минимизации объема фермы. Характеристика напряженно-деформированного состояния. Система условий задачи в пространстве площадей. Геометрическая характеристика целевой функции и области допустимых решений. Система условий задачи в пространстве напряжений. Процедура решения задачи. Варианты конструкций минимального объема.	2
12	7	Пример выбора транспортной магистрали с минимизацией расходов	2

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на	Семестр	Кол-во



	ресурс		часов
Решение задач	Методические пособия для самостоятельной подготовки студентов: источники 1,2.	8	20
Подготовка к зачету	Основная литература: источники 1-3. Дополнительная литература: источник 1.	8	8
Подготовка к практическим занятиям	Основная литература: источники 1-3. Дополнительная литература: источник 1.	8	3,75

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	8	Текущий контроль	Контрольная работа по разделу 1	1	10	0-6 баллов - ответ неправильный. 7-8 баллов - ответ правильный, но есть незначительные ошибки. 9-10 баллов - ответ правильный, имеется сведения из дополнительного материала СРС.	зачет
2	8	Текущий контроль	Контрольная работа по разделу 2	1	10	0-6 баллов - ответ неправильный. 7-8 баллов - ответ правильный, но есть незначительные ошибки. 9-10 баллов - ответ правильный, имеется сведения из дополнительного материала СРС.	зачет
3	8	Текущий контроль	Контрольная работа по разделу 3	1	10	0-6 баллов - ответ неправильный. 7-8 баллов - ответ правильный, но есть незначительные ошибки. 9-10 баллов - ответ правильный, имеется сведения из дополнительного материала СРС.	зачет
4	8	Текущий контроль	Контрольная работа по разделу 4	1	10	0-6 баллов - ответ неправильный. 7-8 баллов - ответ правильный, но есть незначительные ошибки. 9-10 баллов - ответ правильный, имеется сведения из дополнительного материала СРС.	зачет
5	8	Текущий контроль	Контрольная работа по разделу 5	1	10	0-6 баллов - ответ неправильный. 7-8 баллов - ответ правильный, но есть незначительные ошибки. 9-10 баллов - ответ правильный, имеется сведения из дополнительного материала СРС.	зачет
6	8	Текущий контроль	Контрольная работа по разделу 6	1	10	0-6 баллов - ответ неправильный. 7-8 баллов - ответ правильный, но есть незначительные ошибки. 9-10 баллов - ответ правильный, имеется сведения из дополнительного материала СРС.	зачет
7	8	Текущий	Контрольная	1	10	0-6 баллов - ответ неправильный. 7-8	зачет

		контроль	работа по разделу 7			баллов - ответ правильный, но есть незначительные ошибки. 9-10 баллов - ответ правильный, имеется сведения из дополнительного материала СРС.	
8	8	Промежуточная аттестация	Зачет	-	30	30...27 баллов - Полные правильные ответы на вопросы и правильное решение задач. 26...21 балла - Неполные, но правильные ответы на вопросы и правильное решение задач, либо полные правильные ответы на вопросы и небольшие ошибки в задачах. 20...15 - Неполные, но правильные ответы на вопросы и небольшие ошибки в задачах, либо полные правильные ответы на вопросы и неверно решенные задачи. 15...0 - Неверные ответы на вопросы и небольшие ошибки в задачах.	зачет

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Письменный зачет (1 теоретический вопрос и 1 задача)	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ПК-6	Знает: основные методы оптимизации строительных конструкций, принципы регулирования усилий в конструкциях.	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-6	Умеет: разрабатывать оптимизационные задачи при проектировании строительных конструкций.	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-6	Имеет практический опыт: методик расчета и оценки напряженно-деформированного состояния строительных конструкций с учетом изменения конструкционных и топологических параметров.	+	+	+	+	+	+	+	+

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Дарков, А. В. Строительная механика Учеб. для строит. специальностей вузов А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. - 8-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1986. - 607 с. ил.
2. Анохин, Н. Н. Строительная механика в примерах и задачах Текст Ч. 2 Статически неопределимые системы учебное пособие для вузов по строит. специальностям : в 3 ч. Н. Н. Анохин. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. - 463, [1] с. ил.
3. Икрин, В. А. Некоторые задачи и методы оптимального проектирования Учеб. пособие для архитектур.-строит. фак. В. А. Икрин;

Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Строит. механика; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Строит. механика; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2002. - 71 с. ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Анохин, Н. Н. Строительная механика в примерах и задачах [Текст] Ч. 1 Статически определимые системы учеб. пособие для вузов по строит. специальностям : в 3 ч. Н. Н. Анохин. - 3-е изд., доп. и перераб. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. - 334 с. ил.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

1. Строительная механика и расчет сооружений
2. Промышленное и гражданское строительство
3. Известия высших учебных заведений. Строительство

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Расчет статически неопределимых рам с учетом пластических зон методом перемещений: методические указания / Сост. А.Н. Потапов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. – 55 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Расчет статически неопределимых рам с учетом пластических зон методом перемещений: методические указания / Сост. А.Н. Потапов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. – 55 с.

### **Электронная учебно-методическая документация**

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	604 (1)	Системный блок Intel + монитор LCD – 13 шт., Проектор ASER PD100D, мультимедийная система: Колонки JetBalanceJB-3812x30Вт-2шт, микрофон SHURE C606-N-динамический с выкл.и кабелем, мультимедийный информационный комплекс: документ-камера ASER Video CP300, монитор ASER 19», специализированный рабочий стол преподавателя, пульт

		управления видеокоммутатором, принтер лазерный HP6L, Microsoft-Windows(бессрочно)
Практические занятия и семинары	604 (1)	Системный блок Intel + монитор LCD – 13 шт., Проектор ASER PD100D, мультимедийная система: Колонки JetBalanceJB-3812x30Вт-2шт, микрофон SHURE C606-N-динамический с выкл.и кабелем, мультимедийный информационный комплекс: документ-камера ASER Video CP300, монитор ASER 19», специализированный рабочий стол преподавателя, пульт управления видеокоммутатором, принтер лазерный HP6L, Microsoft-Windows(бессрочно)