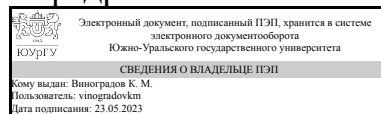


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



К. М. Виноградов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.08 Численные методы расчета строительных конструкций  
для направления 08.03.01 Строительство

уровень Бакалавриат

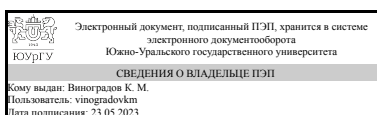
профиль подготовки Промышленное и гражданское строительство

форма обучения очная

кафедра-разработчик Техника, технологии и строительство

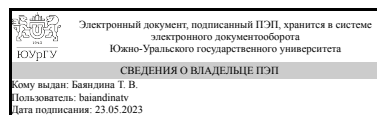
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению  
подготовки 08.03.01 Строительство, утверждённым приказом Минобрнауки от  
31.05.2017 № 481

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



К. М. Виноградов

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



Т. В. Баяндина

## 1. Цели и задачи дисциплины

Формирование у студентов знаний в области численных методов расчета сложных стержневых систем, пластин, оболочек и трехмерных тел: метода конечных элементов, конечных разностей и вариационных методов. задачи: сформировать у студентов практические навыки расчета сооружений в программных комплексах при различных воздействиях, необходимые для обучения и в последующей профессиональной деятельности.

## Краткое содержание дисциплины

Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Задача на собственные значения. Метод конечных разностей и его использование для расчёта на прочность, жёсткость и устойчивость. -Вариационные методы метод (Ритца-Тимошенко, Бубнова-Галёркина). Основы метода конечных элементов и его реализация в программных комплексах для расчёта строительных конструкций.

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

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)                  | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-12 Способен применять средства автоматизированного проектирования | Знает: базовые математические зависимости, основные положения математического анализа и моделирования строительных конструкций посредством вычислительного аппарата высшей математики; основы физического и математического (компьютерного) моделирования<br>Умеет: производить расчёт элементов строительных конструкций с применением принципов и методов строительной механики; использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы, системы автоматизированного проектирования, стандартные пакеты автоматизации исследований<br>Имеет практический опыт: в использовании 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 |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ  |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Цифровые методы обработки геодезических                       | Метод конечных элементов для решения задач в |

|                                                                                                                                                    |                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| работ,<br>Автоматизированные системы разработки<br>проектной документации,<br>Производственная практика (ориентированная,<br>цифровая) (4 семестр) | строительстве,<br>Программные комплексы проектирования зданий |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

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

| Дисциплина                                                        | Требования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цифровые методы обработки геодезических работ                     | Знает: общую классификацию геоинформационных программных комплексов; основные современные виды геодезического и картографического программного обеспечения; возможные направления использования ГИС в качестве источников открытой к использованию информации. Умеет: осуществлять основные виды геодезических измерений с использованием электронных тахеометров, геодезических спутниковых приемников, лазерных дальномеров в области строительства. Имеет практический опыт: в обработке данных геодезических измерений с использованием общего универсального и специального инструментального программного обеспечения; выполнять отдельные виды имитационного моделирования средствами ГИС-программных пакетов.                                                                                                           |
| Автоматизированные системы разработки проектной документации      | Знает: нормативные документы связанные с разработкой проектной документации; нормы ЕСКД; правила выполнения архитектурных и строительных чертежей; состав проектной документации; состав рабочей документации; приблизительный перечень чертежей, входящих в комплекты АР и КР Умеет: выполнять чертежи относящиеся к рабочей и проектной документации с использованием современных методов компьютерного формирования; выполнять чертежи узлов и конструкций в среде AutoCAD Имеет практический опыт: необходимый для выполнения чертежей различного назначения с учетом требований инженерной грамотности и высокого качества графического оформления средствами автоматизированного проектирования по работе в среде проектирования AutoCAD; в использовании нормативной и технической литературой в процессе проектирования |
| Производственная практика (ориентированная, цифровая) (4 семестр) | Знает: основные виды строительных работ, подлежащие автоматизации и обработке цифровыми методами; основные требования, предъявляемые к программным комплексам в строительстве, нормативные документы связанные с разработкой проектной                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | документации; нормы ЕСКД; правила выполнения архитектурных и строительных чертежей Умеет: распознавать основные программные комплексы в строительстве, определять наиболее рациональную область применения программного комплекса, выполнять чертежи относящиеся к рабочей и проектной документации с использованием современных методов компьютерного формирования; выполнять чертежи узлов и конструкций в среде AutoCAD Имеет практический опыт: в работе с различными чертежными программами (CAD), необходимый для выполнения чертежей различного назначения с учетом требований инженерной грамотности и высокого качества графического оформления средствами автоматизированного проектирования по работе в среде проектирования AutoCAD; в использовании нормативной и технической литературы в процессе проектирования |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы                                                         | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|
|                                                                            |             | Номер семестра                     |
|                                                                            |             | 5                                  |
| Общая трудоёмкость дисциплины                                              | 72          | 72                                 |
| <i>Аудиторные занятия:</i>                                                 | 32          | 32                                 |
| Лекции (Л)                                                                 | 16          | 16                                 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16          | 16                                 |
| Лабораторные работы (ЛР)                                                   | 0           | 0                                  |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>                                        | 35,75       | 35,75                              |
| Подготовка к практическим занятиям                                         | 15,75       | 15,75                              |
| Выполнение РГР                                                             | 20          | 20                                 |
| 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         | Введение в дисциплину. Операции с матрицами. Решение систем линейных алгебраических уравнений. | 2                                         | 2 | 0  | 0  |
| 2         | Расчет статистически определимой фермы. Итерационные методы                                    | 2                                         | 2 | 0  | 0  |

|   |                                                                                      |    |   |   |   |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|----|---|---|---|
| 3 | Метод конечных разностей. Определение внутренних усилий и перемещений                | 2  | 2 | 0 | 0 |
| 4 | Расчет на устойчивость методом конечных разностей. Вариационные методы. Метод Ритца. | 2  | 2 | 0 | 0 |
| 5 | Расчет на устойчивость по методу Ритца. Метод Бубнова-Галеркина. Матрица жесткости.  | 2  | 2 | 0 | 0 |
| 6 | Расчет стержневых систем методом конечных элементов (МКЭ). Основные этапы МКЭ.       | 10 | 2 | 8 | 0 |
| 7 | Расчет сжато-изгибаемых систем. Библиотека конечных элементов                        | 10 | 2 | 8 | 0 |
| 8 | Решение плоской задачи теории упругости. Расчет стержневых систем на устойчивость    | 2  | 2 | 0 | 0 |

### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия                                                                                                                                                        | Кол-во часов |
|----------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1        | 1         | Введение в предмет. Матрицы. Основные понятия и определения. Операции над матрицами. Решение системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Прямые методы решения СЛАУ.                                     | 2            |
| 2        | 2         | Расчет статистически определимой фермы. Обращение матриц. Итерационные методы.                                                                                                                                 | 2            |
| 3        | 3         | Метод конечных разностей (МКР), МКР в задаче изгиба стержня постоянного сечения. Расчет стержней переменной жесткости. Определение внутренних усилий. Учет промежуточных опор.                                 | 2            |
| 4        | 4         | Решение задач устойчивости МКР. Вариационные методы. Метод Ритца. Выбор координатных функций.                                                                                                                  | 2            |
| 5        | 5         | Устойчивость стержней. Метод Бубнова-Галеркина. Вывод матрицы жесткости на основании вариационного принципа Лагранжа.                                                                                          | 2            |
| 6        | 6         | Расчет стержневых систем. Расчет системы с растянутыми (сжатыми) элементами. Матрица направляющих косинусов. Формирование системы уравнений МКЭ. Определение внутренних усилий. Основные этапы расчета по МКЭ. | 2            |
| 7        | 7         | Расчет системы с изгибаемыми и сжатыми (растянутыми) элементами. Матрица жесткости и направляющих косинусов КЭ, жестко примыкающего к узлам в начале и конце. Библиотека конечных элементов.                   | 2            |
| 8        | 8         | Решение плоской задачи теории упругости методом конечных элементов. Расчет плоских стержневых систем на устойчивость.                                                                                          | 2            |

### 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1         | 6         | Общие сведения о программных комплексах SCAD, Лира                  | 2            |
| 2         | 6         | Построение эпюры изгибающих моментов и поперечных сил               | 2            |
| 3         | 6         | Определение усилий в стержнях стальной фермы от постоянной нагрузки | 4            |
| 4         | 7         | Определение усилия в стержнях и перемещения узлов                   | 4            |
| 5         | 7         | Расчет деревянной арки                                              | 4            |

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

#### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС                     |                                                                                                                                |         |              |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|
| Подвид СРС                         | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс                                                     | Семестр | Кол-во часов |
| Подготовка к практическим занятиям | ПЭУМЛ: п.3, Лекция 1, с.4-10, Лекция 2, с.10-13, Лекция 3, с.13- 17, Лекция 4, с.17-19, Лекция 5, с.19.23, Лекция 6 - с.23-37. | 5       | 15,75        |
| Выполнение РГР                     | ПЭУМЛ: п.2, Раздел 1, с.10-100                                                                                                 | 5       | 20           |

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

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-местр | Вид контроля     | Название контрольного мероприятия | Вес  | Макс. балл | Порядок начисления баллов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Учитывается в ПА |
|------|----------|------------------|-----------------------------------|------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1    | 5        | Текущий контроль | РГР                               | 0,3  | 10         | Расчетная и графическая части выполнены верно - 10 баллов.<br>Расчетная часть и графическая части выполнены верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат - 8 баллов.<br>Расчетная часть выполнена верно, в графической части есть замечания - 6 баллов.<br>В расчетной части есть замечания, метод выполнения графической части выбран верный - 4 баллы.<br>В расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен - 2 балла.<br>Работа не представлена или содержит грубые ошибки - 0 баллов. | зачет            |
| 2    | 5        | Текущий контроль | РГР № 2                           | 0,25 | 10         | Расчетная и графическая части выполнены верно - 10 баллов.<br>Расчетная часть и графическая части выполнены верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат - 8 баллов.<br>Расчетная часть выполнена верно, в графической части есть замечания - 6 баллов.<br>В расчетной части есть замечания, метод                                                                                                                                                                                                                      | зачет            |

|   |   |                          |                |      |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |
|---|---|--------------------------|----------------|------|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|   |   |                          |                |      |    | <p>выполнения графической части выбран верный - 4 баллы.</p> <p>В расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен - 2 балла.</p> <p>Работа не представлена или содержит грубые ошибки - 0 баллов.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |
| 3 | 5 | Текущий контроль         | РГР № 3        | 0,45 | 10 | <p>Расчетная и графическая части выполнены верно - 10 баллов.</p> <p>Расчетная часть и графическая части выполнены верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат - 8 баллов.</p> <p>Расчетная часть выполнена верно, в графической части есть замечания - 6 баллов.</p> <p>В расчетной части есть замечания, метод выполнения графической части выбран верный - 4 баллы.</p> <p>В расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен - 2 балла.</p> <p>Работа не представлена или содержит грубые ошибки - 0 баллов.</p> | зачет |
| 4 | 5 | Промежуточная аттестация | Решение задачи | -    | 10 | <p>Расчетная и графическая части выполнены верно - 10 баллов.</p> <p>Расчетная часть и графическая части выполнены верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат - 8 баллов.</p> <p>Расчетная часть выполнена верно, в графической части есть замечания - 6 баллов.</p> <p>В расчетной части есть замечания, метод выполнения графической части выбран верный - 4 баллы.</p> <p>В расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен - 2 балла.</p> <p>Работа не представлена или содержит грубые ошибки - 0 баллов.</p> | зачет |

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Критерии оценивания                            |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| зачет                        | <p>На зачете происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 № 179)</p> | <p>В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения</p> |

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | №<br>КМ |   |   |   |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---|---|---|
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1       | 2 | 3 | 4 |
| ПК-12       | Знает: базовые математические зависимости, основные положения математического анализа и моделирования строительных конструкций посредством вычислительного аппарата высшей математики; основы физического и математического (компьютерного) моделирования                                                                               | +       | + | + | + |
| ПК-12       | Умеет: производить расчёт элементов строительных конструкций с применением принципов и методов строительной механики; использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы, системы автоматизированного проектирования, стандартные пакеты автоматизации исследований                                    | +       | + | + | + |
| ПК-12       | Имеет практический опыт: в использовании 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 | +       | + | + | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### Печатная учебно-методическая документация

а) *основная литература:*

Не предусмотрена

б) *дополнительная литература:*

Не предусмотрена

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

Не предусмотрены

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

1. Булгаков, В. И. Численные методы в расчетах строительных конструкций : учебно-методическое пособие / В. И. Булгаков. — Тольятти : ТГУ, 2014. — 50 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139816> (дата обращения: 29.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

1. Булгаков, В. И. Численные методы в расчетах строительных конструкций : учебно-методическое пособие / В. И. Булгаков. — Тольятти : ТГУ, 2014. — 50 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139816> (дата обращения: 29.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид | Наименование | Библиографическое описание |
|---|-----|--------------|----------------------------|
|---|-----|--------------|----------------------------|



|   |                           |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---|---------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | литературы                | ресурса в электронной форме                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Булгаков, В. И. Численные методы в расчетах строительных конструкций : учебно-методическое пособие / В. И. Булгаков. — Тольятти : ТГУ, 2014. — 50 с. — Текст : электронный <a href="https://e.lanbook.com/book/139816">https://e.lanbook.com/book/139816</a>                                                                                                           |
| 2 | Основная литература       | Образовательная платформа Юрайт                   | Тухфатуллин, Б. А. Численные методы расчета строительных конструкций. Метод конечных элементов : учебное пособие для вузов / Б. А. Тухфатуллин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 157 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08899-1. — Текст : электронный <a href="http://urait.ru/bcode/474823">http://urait.ru/bcode/474823</a> |
| 3 | Основная литература       | Электронный каталог ЮУрГУ                         | Численные методы расчета строительных конструкций Текст конспект лекций для студентов дистанц. формы обучения Е. М. Уфимцев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Строит. пр-во и теория сооружений ; ЮУрГУ. -2017. <a href="http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000552893">http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&amp;key=000552893</a>              |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. -Лира. ACADEMIC (бессрочно)
2. -ЛИРА 9.4 PRO(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                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Практические занятия и семинары |        | Компьютер 15 шт.(Intel(R) Celeron(R) CPU J1800 @ 2.41 GHz, 4,00 ГБ ОЗУ с выходом в Интернет и доступом в портал «Электронный ЮУрГУ»;<br>Компьютер 1 шт. (Intel(R) Core(TM) i7-7700 CPU @ 3.60 GHz, 8,00 ГБ ОЗУ);<br>Интерактивная доска IQBoard PS, Проектор EPSON, наушники с микрофоном Logitech, Монитор-15 шт. |
| Лекции                          |        | Компьютер 15 шт.(Intel(R) Celeron(R) CPU J1800 @ 2.41 GHz, 4,00 ГБ ОЗУ с выходом в Интернет и доступом в портал «Электронный ЮУрГУ»;<br>Компьютер 1 шт. (Intel(R) Core(TM) i7-7700 CPU @ 3.60 GHz, 8,00 ГБ ОЗУ);<br>Интерактивная доска IQBoard PS, Проектор EPSON, наушники с микрофоном Logitech, Монитор-15 шт. |