

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ:  
Ректор ФГБОУ ВО «БрГУ»  
\_\_\_\_\_ И.С. Ситов  
«20» января 2025 г.

**ПРОГРАММА**  
вступительных испытаний

**Направление подготовки магистров**  
**13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Магистерская программа**  
**«Электроэнергетические системы и сети»**

Братск 2025 г.

**РАЗРАБОТЧИК:**

Руководитель магистерской программы \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Булатов Ю.Н.

Программа вступительных испытаний рассмотрена и утверждена на заседании научно-методического совета факультета магистерской подготовки «20» декабря 2024 г., протокол № 03.

Председатель НМС ФМП

\_\_\_\_\_

Видищева Е.А.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Программа вступительных испытаний для приема на обучение по магистерской программе «Электроэнергетические системы и сети» направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника сформирована на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №144 от 28.02.2018 г.

### **ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

#### **Порядок поступления**

К освоению программ магистратуры допускаются лица, имеющие высшее образование любого уровня и получившие диплом о высшем образовании (бакалавр, магистр, специалист, дипломированный специалист), выданный вузом, имеющим свидетельство о государственной аккредитации, и успешно прошедшие вступительные испытания. Получение образования по программам магистратуры лицами, имеющими диплом магистра, диплом специалиста, рассматривается как получение второго высшего образования.

Прием документов от поступающих, проведение вступительных испытаний и зачисление на ФМП организуется Центральной приемной комиссией университета. Прием документов на ФМП осуществляется отборочной комиссией, созданной приказом ректора по магистерским программам в рамках реализуемых направлений подготовки магистров.

Правила приема в магистратуру, перечень направлений подготовки и магистерских программ, на которые осуществляется прием документов, сроки подачи документов, перечень вступительных испытаний, порядок учета индивидуальных достижений поступающих содержатся в Правилах приема в федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Братский государственный университет» на обучение по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утверждаемых ежегодно ученым советом ФГБОУ ВО «БрГУ» (<https://brstu.ru/abitur/magistr>).

#### **Порядок проведения вступительных испытаний**

Вступительные испытания по магистерской программе «Электроэнергетические системы и сети» представляют собой междисциплинарный экзамен по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

Цель вступительных испытаний – выбрать из числа поступающих на факультет магистерской подготовки наиболее подготовленных абитуриентов, имеющих диплом бакалавра, магистра или специалиста для обучения на магистерской программе «Электроэнергетические системы и сети», реализуемой в рамках направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

Вступительные испытания проводятся в виде тестирования.

Расписание вступительных испытаний (дата, начало экзамена, место) определяется Центральной приемной комиссией и действует на период работы Центральной приемной комиссии и отборочной комиссии ФМП.

Время проведения вступительных испытаний – 60 минут.

Вступительные испытания по программам магистратуры проводятся в соответствии с Положением об экзаменационной комиссии ФГБОУ ВО «БрГУ», утвержденным приказом от 04.02.2022 г. №32 ([https://brstu.ru/sveden-file/document/doc-brgu/pol\\_exam\\_komiss\\_04.02.2022.pdf](https://brstu.ru/sveden-file/document/doc-brgu/pol_exam_komiss_04.02.2022.pdf)).

## Структура тестового задания

Тестовое задание по своей структуре представляет собой задание из 25 вопросов разного типа (уровня) сложности (таблица 1).

Таблица 1

Тип тестового задания, формы заданий и способы ответа на них

Тип тестового задания	Формы заданий и способы ответа на них
№1	1. Задание с ответом типа Верно/Неверно (Да/Нет). 2. Задание с одним или несколькими верными вариантами ответов.
№2	1. Задание на соответствие, где требуется установить соответствие между элементами двух множеств (элементы одного множества перенумерованы, а другого обозначены буквами). 2. Задание на установление правильной последовательности.
№3	3. Задание с числовым вариантом ответа. 4. Открытое задание, в котором требуется набрать пропущенное слово.

### Критерии оценивания результатов вступительных испытаний

Результаты вступительного испытания оцениваются по 40-балльной первичной системе. Каждому вопросу, относящемуся к определенному типу заданий, в зависимости от уровня сложности устанавливается балл за правильный ответ. Так за каждый положительный ответ на вопросы, относящиеся к типу заданий № 1, поступающий получает 1 первичный балл, за каждый положительный ответ на вопросы, относящиеся к типу заданий № 2 – 2 первичных балла, за каждый положительный ответ на вопросы, относящиеся к типу заданий № 3 – 3 первичных балла.

Набранные первичные баллы переводятся в 100-балльную тестовую систему.

Минимальное количество тестовых баллов, подтверждающее освоение программ высшего образования, необходимое для поступления на ФМП – 40 баллов.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

### Термодинамика

Первый закон термодинамики; второй закон термодинамики. Реальные газы; водяной пар; термодинамические свойства реальных газов; PV-диаграмма; таблицы термодинамических свойств веществ. H-d-диаграмма.

Циклы паротурбинных установок. Тепловой и энергетический балансы паротурбинной установки; газовые циклы. Схемы, циклы и термический КПД двигателей и холодильных установок. Эксергетический анализ циклов.

Основы химической термодинамики; основы термодинамики необратимых процессов.

### Тепломассообмен

Способы теплообмена. Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена.

Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекании трубы и пучка труб. Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции. Теплообмен при фазовых превращениях. Теплообмен излучением. Сложный теплообмен.

Массообмен: поток массы компонента; вектор плотности потока массы. Молекулярная диффузия: концентрационная диффузия, закон Фика; термо- и бародиффузия. Массоотдача, математическое описание и аналогия процессов массо- и теплообмена. Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.

## **Системы теплоснабжения предприятий**

Назначение, структура, классификация систем теплоснабжения. Методы определения потребности промышленных потребителей в паре и горячей воде. Методы регулирования отпуска тепла из систем централизованного теплоснабжения.

Тепловые сети: их назначение, конструкции; методы определения расчетного расхода воды и пара; гидравлический расчет паро-, водо- и конденсаторопроводов; гидравлический режим тепловых сетей; выбор сетевых, подпиточных и подкачивающих насосов; способы поддержания давлений в "нейтральных" точках; тепловой и прочностной расчеты элементов тепловых сетей.

## **Источники теплоснабжения**

Источники генерации тепла, используемые в системах теплоснабжения: промышленные котельные: назначение, классификация, параметры, рациональные области использования; тепловые схемы и их расчет; методы выбора основного и вспомогательного оборудования; методы распределения нагрузки между котлами; энергетические, экономические и экологические характеристики котельных.

Теплоэлектроцентрали промышленных предприятий: назначение, классификация; методика определения энергетических показателей теплоэлектроцентралей (ТЭЦ); методика составления и расчета тепловых схем ТЭЦ; выбор ее оборудования.

Утилизационные котельные, теплонасосные установки и ТЭЦ, использующие вторичные энергетические ресурсы предприятий для генерации тепла и электроэнергии; схемы, режимы работы, определение технико-экономических показателей; расчет тепловых схем, выбор режима работы утилизационных установок параллельно с заводскими и районными котельными, ТЭЦ и конденсационными электрическими станциями.

Использование математического моделирования, пакетов прикладных программ, банков данных для расчета систем теплоснабжения.

## **Котельные установки и парогенераторы**

Общая характеристика современных котельных установок, их место и роль на промышленных предприятиях. Источники теплоты промышленных котельных установок; материальные и тепловые балансы котельных установок при работе на газовом, жидком и твердом топливах.

Конструкции, выбор и расчет топочных устройств для сжигания газового, жидкого и твердого топлив, производственных отходов. Обеспечение надежной гидродинамики в котельных агрегатах с естественной циркуляцией и принудительным движением воды и пароводяной смеси; основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции; основные элементы котельного агрегата.

Пароперегреватели котлов, конструктивные схемы включения в дымовой тракт. Методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали. Конструктивные схемы воздушных подогревателей.

Конструкции котлов с естественной циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводяными теплоносителями. Котлы на отходящих газах, особенности выполнения. Котлы, использующие теплоту технологического продукта. Испарительное охлаждение элементов технологических установок. Энерготехнологические агрегаты.

Системы топливоподачи. Очистка продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Металлы, используемые в котлостроении; каркас и обмуровка котла. Эксплуатация котельных установок; пуск, обслуживание котла во время работы, останов, организация ремонтов. Теплотехнические испытания котельных установок: виды испытаний, требования к ним, методика проведения испытаний, определение основных характеристик работы котельного агрегата по результатам испытаний.

## **Электроэнергетические системы и сети**

Режимы работы нейтрали электрических сетей.

Методы определения потерь мощности и энергии в ЛЭП.

Схема замещения высоковольтной ЛЭП и её параметры. Векторная диаграмма напряжений и токов.

Область применения и схемы электропередачи постоянного тока.

Регулирование напряжения на подстанциях.

Трансформаторы с ПБВ и РПН.

Продольная емкостная компенсация сопротивления линии.

Поперечная компенсация реактивной мощности.

Баланс активной мощности в энергосистеме и его связь с частотой. Регулирование частоты в энергосистеме.

Баланс реактивной мощности в энергосистеме и его связь с напряжением. Устройства регулирования реактивной мощности.

Выбор конфигурации, номинального напряжения и сечения проводов воздушных ЛЭП.

Схемы замещения трансформаторов. Потери мощности и энергии в трансформаторах.

Расчет режимов разомкнутых и простых замкнутых сетей.

Пропускная способность ЛЭП и способы ее повышения.

Основные уравнения длинной линии. Распределение напряжения вдоль линии при различной нагрузке.

## **Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электрических сетях**

Практические цели расчетов токов КЗ. Основные допущения при расчетах. Понятие о расчетных условиях

Схемы замещения при расчетах токов КЗ. Параметры элементов схемы замещения в различных единицах. Определение параметров по паспортным данным элементов

Основные приемы преобразования схем при расчёте токов КЗ. Эквивалентирование проводимостей и ЭДС.

Определение и физический смысл апериодической составляющей при расчете тока КЗ. Понятие  $T_a$ ,  $T_u$ .

Переходный процесс в простейшей цепи с источником синусоидального напряжения при трехфазном КЗ, составление дифференциальных уравнений.

Использование угловой характеристики мощности электропередачи для анализа динамической, статической устойчивости.

## **Электрические машины**

Трехфазные синхронные генераторы – устройство, краткие теоретические сведения (векторные диаграммы и характеристики СГ).

Электромашинное возбуждение СГ с генератором постоянного тока. Система бесщеточного возбуждения СГ.

Параллельная работа СГ с сетью. Условия синхронизации. Включение СГ в сеть по способу точной синхронизации. Изменение активной мощности СМ включенной в сеть.

Трансформаторы. Устройство, принцип действия и основные уравнения трансформаторов.

Маркировка обмоток, фазировка и определение групп соединения трехфазных трансформаторов.

Параллельная работа трансформаторов. Условия включения на параллельную работу. Работа при различных коэффициентах трансформации и разных напряжениях короткого замыкания.

Асинхронные двигатели. Устройство, принцип действия и пуск АД.

Двигатели постоянного тока (ДПТ), устройство, принцип действия и регулирование частоты вращения. ДПТ параллельного возбуждения.

### **Электрические аппараты**

Основные типы выключателей и принцип их действия.

Основные требования к высоковольтным выключателям в процессе их эксплуатации.

Реакторы в схемах электрических сетей. Групповые реакторы. Потери напряжения в реакторах.

Трансформаторы напряжения. Назначение. Погрешности. Схемы соединения обмоток.

Трансформаторы тока. Назначение. Погрешности трансформаторов тока. Схемы соединения.

Разъединители. Назначение. Классификация. Особенности конструкции.

### **Техника высоких напряжений**

Основные параметры молнии. Молниезащита ВЛ и подстанций.

Ограничение коммутационных перенапряжений. Назначение и устройство ОПН.

### **Электробезопасность**

Защитное заземление в электроустановках. Нормы сопротивления заземления

Организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках Работа на линиях электропередач, вблизи действующих ЛЭП, находящихся под напряжением.

### **Релейная защита и автоматика**

Токовые защиты ЛЭП. Классификация. Максимальные токовые защиты.

Токовые отсечки ЛЭП. Настройка отсечек в системах с 2-х сторонним питанием. Особенности настройки и построения схем токовых отсечек нулевой последовательности.

Защиты силовых трансформаторов. Виды защит. Токовые защиты.

Дифференциальные защиты трансформаторов. Принцип работы, особенности его реализации в силовых трансформаторах. Оценка чувствительности.

Защиты электродвигателей напряжением до и выше 1000 В.

Виды и назначение устройств сетевой автоматики.

### **Экономика энергетики**

Износ и амортизация основных производственных фондов энергопредприятия.

Прибыль и рентабельность как оценочные показатели производственно-хозяйственной деятельности АО-энерго.

Расчет годового экономического эффекта от внедрения новой техники, реконструкции и модернизации производства.

Себестоимость производства и передачи электрической энергии. Полная себестоимость энергии по энергосистеме.

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Морозов, В. В. Техническая термодинамика : учебное пособие / В. В. Морозов, Н. М. Максимов. – Великие Луки : Великолукская ГСХА, 2022. – 172 с. – ISBN 978-5-8047-0063-9. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/261638>

2. Федяева, В.Н. Тепломассообмен: учебное пособие / В.Н. Федяева, А.А. Федяев, Н.Н. Михолап. - Братск: БрГУ, 2021. - 153с.

3. Елсуков, В.К. Котельные установки и парогенераторы: методические указания к выполнению лабораторных работ/ В.К. Елсуков. - Братск: БрГУ. 2019. - 60 с

4. Елистратов, С.Л. Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие: [16+] / С.Л. Елистратов, Ю.И. Шаров; Новосибирский государственный технический университет, - Новосибирск: 2017. – 102 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. - URL <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574698>
5. Овчинников, Ю.В. Основы теплотехники: учебник: [16+] / Ю.В. Овчинников, С.Л. Елистратов, Ю.И. Шаров; Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 554 с. : ил., табл. - (Учебники НГТУ). - Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575262>
6. Авдюнин, Е.Г. Источники и системы теплоснабжения: тепловые сети и тепловые пункты: [16+] / Е. Г. Авдюнин. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 301 с : ил., табл., схем. - Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564782>
7. Елистратов, С.Л. Котельные установки и парогенераторы: учебное пособие: [16+] / С.Л. Елистратов, Ю.И. Шаров; Новосибирский государственный технический университет, - Новосибирск: 2017. – 102 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. - URL <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574698>
8. Авдюнин, Е.Г. Моделирование и оптимизация промышленных теплоэнергетических установок: учебник[16+] / Е.Г Авдюнин. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 185 с : ил., табл., схем. - Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564841>
9. Шаров, Ю.И. Теплообмен: учебное пособие: [16+] / Ю.И. Шаров, О.К. Григорьева: Новосибирский государственный технический университет, - Новосибирск: 2018. – 164 с.: ил., табл., схем., граф – Режим доступа: по подписке. - URL <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576520>
10. Струмяк А.В., Яковкина Т.Н. Электроэнергетические системы и сети: учебное пособие - Братск: БрГУ, 2019. - 192 с. <http://ecat.brstu.ru/catalog/Учебные%20и%20учебно-методические%20пособия/Энергетика%20-%20Автоматика/Струмяк%20А.В.%20Электроэнергетические%20системы%20и%20сети.Учеб.пособие.2019.PDF>
11. Попик, В. А. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учебное пособие / В. А. Попик, Ю. Н. Булатов. - Братск: БрГУ, 2017. - 105 с.
12. Валиуллин, К. Р. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем : учебное пособие / К. Р. Валиуллин. – Оренбург : ОГУ, 2019. — 98 с. — ISBN 978-5-7410-2410-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/160043>
13. Сазыкин В. Г. Проектирование систем электроснабжения. Кн. 1 Организация проектирования: учебн. пособие / В.Г. Сазыкин; КубГАУ им. И.Т. Трубилина. – Краснодар, 2019 – 248 с.
14. Ананичева, С.С. Проектирование электрических сетей: учеб. пособие / С.С. Ананичева, Е.Н. Котова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017 – 164 с.
15. Можаяева С.В. Экономика энергетического производства: Учебное пособие - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 272 с.
16. Ершов, А.М. Системы электроснабжения. Ч.5: Электроснабжение городов [Электронный ресурс]: курс лекций / А.М. Ершов. - Челябинск: ЮУрГУ, 2017. - 181 с.
17. Привалов Е. Е., Ефанов А. В., Ястребов С. С., Ярош В. А., Привалов Е. Е. Электробезопасность работников электрических сетей: учебное пособие - Москва|Берлин: Директ-Медиа, 2018. - 371 с. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493605>
18. Плотников М.П. Электрические машины: учебное пособие - Братск: БрГУ, 2022. - 172 с.
19. Епифанов А. П., Епифанов Г. А. Электрические машины: учебник - Санкт-Петербург: Лань, 2017. - 300 с. <https://e.lanbook.com/book/95139>

20. Яковкина, Т.Н. Изоляция и перенапряжения в электрических сетях: учебное пособие / Т.Н. Яковкина, А.В. Струмяк. - Братск: БрГУ, 2019. - 182 с.
21. Шакиров В.А. Электромагнитные переходные процессы : методические указания к выполнению лабораторных работ / В. А. Шакиров, А. С. Нефедов. - Братск : БрГУ, 2019. - 64 с.
22. Шакиров В.А. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах : методические указания к выполнению лабораторных работ / В. А. Шакиров, А. С. Нефедов. - Братск : БрГУ, 2019. - 60 с.
23. Электромеханические переходные процессы в электрических системах : учебно-методическое пособие / составители А. Н. Козлов, В. А. Козлов. – 3-е изд., испр. – Благовещенск : АмГУ, 2017. – 136 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/156443>
24. Мамонтов, Е. В. Переходные процессы в системах электроснабжения : учебное пособие / Е. В. Мамонтов, А. А. Дягилев. — Рязань : РГРТУ, 2018. – 68 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168242>