

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по научной работе  
д.т.н. проф. Драгунов В.К.

«*В.К.*» *май* 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Специальной дисциплины: 2.5.10. Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы

Москва 2022 г.

Программа составлена на основе паспорта специальности научных работников и программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 2.5.10. «Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы» в соответствии с Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021 года №2122.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** изучения дисциплины является освоение закономерностей протекания основных процессов в гидравлических и пневматических агрегатах и системах; изучение методологических основ и принципов расчета, проектирования, монтажа и эксплуатации гидравлических турбин, насосов, двигателей, гидропневмоагрегатов, устройств и средств гидропневмоавтоматики для управления системами; создание новых и совершенствование существующих машин, агрегатов и систем управления.

**Задачами** дисциплины являются:

- изучение методов математического моделирования и оптимизации гидромеханических процессов;
- разработка методов расчетов и физических экспериментов для создания и развития базы математического моделирования изучаемых закономерностей;
- изучение динамических процессов в гидравлических машинах, гидропневмоагрегатах и системах.
- разработка методов оптимизационного синтеза машин, их узлов и систем;
- освоение автоматизированных методов расчета и проектирования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Специальная дисциплина в структуре программы аспирантуры входит в Блок 2 «Образовательный компонент. Общая трудоемкость составляет 7 зачетных единиц (з.е.).

### **Формула специальности**

Гидравлические машины, вакуумная, компрессорная техника, гидро- и пневмосистемы – область науки и техники, в которой изучаются закономерности гидропневмомеханических процессов, а также разрабатываются методологические основы

и принципы расчетов, проектирования, монтажа и эксплуатации гидравлических турбин, насосов, двигателей, вакуумной, компрессорной техники, гидропневмоагрегатов, устройств и средств гидропневмоавтоматики для управления системами с жидкими рабочими средами. Целью выполняемых исследований является создание новых и совершенствование существующих машин, агрегатов, а также систем, характеризующихся высоким качеством, надежностью, высокой эффективностью работы, относительно низкой себестоимостью и безопасностью в эксплуатации.

### **Области/направления исследований**

1. Математическое моделирование и оптимизация гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе.
2. Методы расчетов гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе, а также комплектующего эти системы оборудования.
3. Методы и методики экспериментального исследования гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе.
4. Исследование физических взаимосвязей между рабочими процессами, конструкторско-технологическими факторами и техническими характеристиками гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе, а также оборудования этих систем.
5. Разработка и исследование систем, методов и алгоритмов диагностики, управления и регулирования гидравлических, вакуумных, компрессорных машин, пневмооборудования и гидро- и пневмосистем, технических и технологических систем на их базе, а также оборудования этих систем.

### **Отрасль науки**

- технические науки.

## **3. КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ**

### 1. Механика жидкости и газа (20 часов).

Основные физические свойства жидкости и газа. Понятие о массовых и поверхностных силах, баланс сил. Дифференциальное уравнение гидростатики. Основные уравнения гидродинамики: уравнение неразрывности, уравнение движения идеальной

жидкости Эйлера. Уравнения Навье-Стокса движения вязкой жидкости. Применение законов количества движения и момента количества движения к жидкости. Основы теории подобия и моделирования гидродинамических процессов. Основные критерии динамического подобия. Основы теории пограничного слоя, его характеристики. Интегральное уравнение для пограничного слоя. Неустойчивые движения жидкости и газа. Гидравлический удар. Колебания жидкости и газа.

## 2. Объемные гидравлические машины и гидропередачи (30 часов).

Поршневые и роторные гидромашины. Гидравлическое уравнивание нагрузок. Высокомоментные (тихоходные) гидромоторы. Регулирование высокомоментных гидромоторов. Зубчатые и винтовые гидромашины. Потери энергии в гидрообъемных машинах. Классы чистоты и требования к качеству рабочей жидкости для гидросистемы. Фильтры. Объемный гидравлический привод. Статические характеристики идеализированных моделей.

Математическая модель объемного гидропривода с регулируемым насосом, учитывающая реальные и условные утечки. Передаточная функция такой модели и частотные характеристики. Гидравлический привод с дроссельным регулированием. Математическая модель привода с ЭГУ и электрической главной обратной связью.

## 3. Лопастные гидравлические машины и гидродинамические передачи (37 часов).

Основные параметры лопастных гидромашин. Классификация лопастных гидромашин по принципу действия. Основные конструктивные схемы гидротурбин, насосов и насос-турбин. Понятие о рабочем и теоретическом напоре, гидравлическом КПД гидротурбины и насоса. Основные методы расчета рабочих органов лопастных гидромашин. Абсолютное и относительное движение жидкости в рабочем колесе. Треугольник скоростей. Уравнение Эйлера лопастной гидромашин. Моментные характеристики лопастных гидромашин. Совместная работа насоса и сети.

Классификация гидродинамических передач. Расчет гидромурфты на основе моделирования с использованием приведенных характеристик.

Способы управления гидротрансформаторами. Согласование работы двигателя и гидротрансформатора. Методы расчета лопастных систем.

## 4. Гидравлическая аппаратура (30 часов)

Линейные и дросселирующие гидрораспределители, типы назначения, устройства, принцип действия. Основные схемы подключения в гидравлических системах. Регулировочные и энергетические характеристики. Расчет гидрораспределителей. Особенности гидрораспределителей типа «сопло-заслонка», «струйная трубка».

Гидравлические усилители с обратной связью и без таковой, конструктивные особенности, принцип действия. Коэффициенты усиления гидроусилителей типа «сопло-заслонка», «струйная трубка».

Гидравлические аппараты регулирования давления и потока жидкости, их назначение, устройство, типы принцип действия. Электрогидравлические усилители (ЭГУ) мощности.

Классификация по основным конструктивным признакам. Назначение. Линеаризация уравнений математической модели, операторная форма. Передаточные функции ЭГУ различных типов. Частотные характеристики. Пропорциональная гидравлическая техника, ее особенности, разновидности, устройство, принцип работы, область применения.

#### 5. Пневматический привод и средства автоматизации (30 часов)

Особенности пневматического привода. Пневматические источники энергии, типы, устройство, принцип действия. Пневматические исполнительные устройства поступательного и вращательного движений. Пневматические двигатели, особенности выбора и их расчета. Следящие пневматические приводы, основные характеристики и особенности работы.

Пневматические мембранные элементы для средних давлений, устройство, принцип действия, характеристики, область применения. Струйные элементы пневматических систем малых давлений, устройство, разновидности, принцип действия, основные характеристики. Струйный усилитель, назначение и область применения. Реализация логических функций на струйных элементах.

Пневматические глухие и проточные камеры. Статические и динамические характеристики проточных камер с ламинарными и турбулентными дросселями. Усилитель типа «сопло-заслонка» как частный случай проточной камеры.

#### 6. Динамика и регулирование гидropневматических систем (30 часов)

Основные понятия и определения. Виды алгоритмов управления в технических системах. Основные элементы автоматических регуляторов и управляющих устройств. Устойчивость, качество, точность регулирования и управления.

Статика и динамика автоматических систем. Математические модели систем. Линеаризация характеристик и уравнений при описании систем.

Динамические звенья и структурные схемы систем автоматического регулирования и управления (САР и САУ). Устойчивость систем. Критерии устойчивости. Качество процессов регулирования, показатели качества переходных процессов. Применение ЭВМ для исследования и расчета переходных процессов.

Электрогидравлические и электропневматические следящие приводы с дроссельным регулированием. Функциональные схемы, математические модели, структурные схемы. Динамический расчет.

Следящие гидроприводы с объемным регулированием. Математическая модель. Структурная схема. Динамический расчет. Гидравлические и пневматические системы с автоматическими регуляторами.

#### 7. Надежность и диагностика гидropневматических систем (30 часов)

Особенности эксплуатации гидравлических и пневматических машин, агрегатов и аппаратов. Понятие надежности гидро- и пневмомашин и агрегатов, методы ее повышения (пассивные и активные). Понятие об отказах системы, резервировании, времени восстанавливаемости устройств. Способы и средства диагностирования как активного метода повышения надежности, причины выхода из строя гидравлических и пневматических систем и агрегатов. Особенности диагностирования лопастных гидравлических машин, в том числе – главных циркуляционных насосов атомных электрических станций.

### **4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Вопросы для самоконтроля и вопросы, включенные в билеты для проведения экзамена.

1. Понятия ньютоновской жидкости и «симметричной» механики жидкости и газа.
2. Обобщенная гипотеза Ньютона и модель Навье-Стокса, законы Джоуля и Фурье.
3. Уравнения термодинамического состояния на основе подходов равновесной и неравновесной термодинамики.
4. Полуэмпирические модели турбулентности
5. Уравнение Прандтля движения вязкой жидкости в пограничном слое. Интегральное уравнение для пограничного слоя.
6. Дифференциальное уравнение гидростатики. Распределение давления в неподвижной жидкости.
7. Уравнение Бернулли для потока (для случая идеальной и реальной жидкости, установившегося и неустановившегося движения).
8. Распределение скоростей по сечению трубы при ламинарном и турбулентном движении жидкости.
9. Местные сопротивления. Внезапное расширение потока (теорема Борда).

10. Основы теории подобия и моделирования гидродинамических процессов. Основные критерии динамического подобия.
11. Пограничный слой, режимы течения и коэффициент гидравлического сопротивления.
12. Особенности течения в узких вращающихся каналах.
13. Основные преимущества объёмных гидроприводов по сравнению с электромеханическими.
14. Чем вызвано объединение силового гидропривода с микроэлектроникой?
15. Особенности применения электрореологических рабочих жидкостей в гидроприводах.
16. Чем обусловлено интенсивное сращивание гидроприводов с электронными системами управления.
17. Особенности распределителей с пропорциональным электромагнитным управлением по сравнению с дросселирующими гидрораспределителями.
18. Сравнительный анализ ДГР и ПЭУ по основным показателям качества (точность, чувствительность, технологическая точность изготовления, требуемая степень очистки рабочей жидкости).
19. Причины и проблемы повышения рабочего давления в гидросистемах.
20. Повышение давления в гидросистеме с помощью мультипликаторов давления.
21. Причины снижения шума в шестеренных насосах с внутренним зацеплением.
22. Проблемы создания насосов и гидроаппаратов малых типоразмеров.
23. Пути обеспечения экологической безопасности при эксплуатации гидроприводов.
24. Основные направления развития уплотнительной техники.
25. Повышение надёжности гидроприводов за счёт применения диагностических средств.
26. Пути совершенствования фильтроэлементов.
27. Работы по применению биологически разлагающихся рабочих жидкостей.
28. Унификация параметров и размеров гидроустройств по стандартам ISO.
29. Основные пути повышения энергосбережения при использовании гидроприводов.
30. Особенности использования принципа частотного регулирования скорости в гидроприводах.
31. Преимущественные области применения насосно-аккумуляторного гидропривода.
32. Применение компьютерных технологий при создании гидроприводов.
33. Создание идентифицированных компьютерных моделей гидроприводов и устройств и их использование при испытаниях.

34. 3-D проектирование гидравлических машин и устройств.
35. Функциональное назначение, требования, предъявляемые к силовым системам современных технических объектов.
36. Системно-креативный подход (СКП) как базовая методология решения исследовательских и проектных задач в оптимизационной постановке.
37. Типовые структуры силовых систем технических объектов.
38. Методы решения оптимизационных задач при проектировании электрогидравлического исполнительного модуля (ЭГИМ).
39. ЭГИМ для конфликтных структур модулей в скалярной постановке.
40. Структуры и математическое моделирование блоков энергонакопления-рекуперации ЭГИМ.
41. Алгоритмы параметрической оптимизации ЭГИМ на основе сценария последовательных уступок по второстепенным показателям для системы со структурной избыточностью.
42. Типовые структуры силовых систем технических объектов (ТО).
43. Проблемы повышения конкурентоспособности ЭГИМ для современных и перспективных ТО
44. Прогностические оценки структурной и параметрической эволюции ЭГИМ на ближайший период.
45. Понятие силовой системы с гидравлическими энергетическими каналами (ГСС) с централизованным энергопитанием и автономными исполнительными модулями.
46. Методы решения оптимизационных задач ГСС для конфликтных структур систем.
47. Основные схемы типовых ГСС для ТО мобильного и стационарного исполнений.
48. Конструкционно-технологические и материаловедческие проблемы, возникающие при разработке конкурентоспособных ГСС.
49. Решение сложных гидросистем.
50. Профилирование лопастных систем как многокритериальная задача поиска наилучшего решения.
51. Решение трехмерной гидродинамической задачи для лопастных гидромашин.
52. Гидродинамические передачи в энергетике.
53. Погрешность энергетических и кавитационных испытаний лопастных гидромашин.
54. Кавитация в лопастных гидромашин. Лопастные системы для повышенных антикавитационных качеств.



55. Учет вязкости и температуры рабочей жидкости при проектировании центробежных насосов.
56. Типы насосов в соответствии с современными действующими стандартами.
57. Современные мощные реактивные гидротурбины общепринятого исполнения: проточные части и рабочие органы.
58. Конструкции низконапорных гидротурбин. Свободнопоточные гидротурбины. Сильфон как элемент малой ГЭС.
59. Основные конструктивные схемы гидротурбин, насосов и насос-турбин.
60. Способы управления гидромуфтой, предельные гидромуфты со статическим и динамическим самоопорожнением.
61. Особенности рабочего процесса гидротрансформатора, схемы проточной части. Внешняя и приведенные характеристики.
62. Особенности проектирования высоконапорных гидротурбин ГАЭС.
63. Расчет и оптимизация поверхности ковша активной гидротурбины в трехмерной гидродинамической постановке.
64. Природоподобные технологии в конструкциях гидромашин.
65. Показатели надежности для объемных и динамических гидромашин. Методы расчета.
66. Способы ускоренных испытаний гидромашин и гидроагрегатов на надежность.

## **5. ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

### **Требования и критерии оценивания ответов экзамена**

В процессе экзамена оценивается уровень научно-исследовательской компетентности аспиранта, что проявляется в квалифицированном представлении результатов обучения.

При определении оценки учитывается грамотность представленных ответов, стиль изложения и общее оформление, способность ответить на поставленный вопрос по существу.

Критерии выставления оценки на экзамене:

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется аспиранту, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом

изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка «ХОРОШО» выставляется аспиранту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который:

а) не ответил на вопросы экзаменационного билета

б) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

**Данные критерии указаны Инструктивном письмом И-23 от 14 мая 2012 г.**

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература:**

1. Кудинов А.А. Техническая гидромеханика: учеб.пособ. М.: Машиностроение, 2008.
2. Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Учебник для вузов. 4.1. Основы механики жидкости и газа. 5-е изд., перераб., доп. – М.: МГИУ. 2006.
3. Агеев Ш.Р., Григорян Е.Е., Макиенко Г.П. Российские установки лопастных насосов для добычи нефти и их применение. Энциклопедический справочник. Пермь. ООО ПрессМастер, 2007, 645 с.
4. Свешников В.К. Станочные гидроприводы. Справочник. – М.: Машиностроение, 2008.
5. Прочность и надежность конструкций АЭС при экстремальных воздействиях / С. Е. Бугаенко, и др., Федеральное агентство по атомной энергии России . – М. : Энергоатомиздат, 2005 .
6. Никитин, О. Ф. Надежность, диагностика и эксплуатация гидропривода мобильных объектов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.
7. Гидравлика и гидропневмопривод: учеб. пособие / О.Ф. Никитин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.

8. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учеб. для машиностроительных вузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. 3-е изд., стер. М.: Издательский дом «Альянс», 2009.

9. Черкасских С.Н. Анализ надежности гидрооборудования с использованием электронных таблиц: Лабораторные работы: методическое пособие/ С.Н. Черкасских - М.: Издательство МЭИ, 2006. – 40 с.

10. Свешников В.К. Станочные гидроприводы. Справочник. – М.: Машиностроение, 2014.

11. Гойдо М.Е. Проектирование объемных приводов. – М.: Машиностроение, 2009.

12. Оболенский Ю.Г., Ермаков С.А., Сухоруков Р.В. Введение в проектирование систем авиационных рулевых приводов. – Изд-во ГУП г. Москвы «Окружная газета ЮЗАО», 2011.

13. Барышев В.И., Объемные гидромашины. Часть II. Изд. центр ЮУрГУ, 2013.

14. Никитин О.Ф. Рабочие жидкости и уплотнительные устройства гидроприводов. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013.

15. Голубев В.И., Могильников П.В., Панферов Р.Ф. Испытания аппаратуры и гидросистем с пропорциональным управлением – М.: Издательский дом МЭИ, 2013.

16. Арзуманов Ю.Л., Халатов Е.М., Чекмазов В.И. и др. Математические модели систем пневмоавтоматики. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.

17. Фомичев В.М. Проектирование электрогидравлических усилителей следящих приводов, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.

18. Рыбак А.Т. Моделирование и расчет гидромеханических систем на стадии проектирования, Ростов-на-Дону. Изд. центр ДГТУ, 2006.

19. Чернавский В.А., Кожухова А.В. Основы систем автоматизированного проектирования гидропневмосистем, Ростов-на-Дону. Изд. центр ДГТУ, 2009.

20. Зуев Ю.Ю. Основы создания конкурентоспособной техники и выработки эффективных решений Изд. дом МЭИ, 2006.

21. Корнюшенко С.И. Устройство мобильных машин. Часть 1. – М., 2011.

22. Зуев Ю.Ю. Расчёт основных параметров и структурно-параметрическая коррекция электрогидравлического следящего привода с дроссельным управлением по совокупности показателей качества: учебное пособие для студентов специальности «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» / Ю.Ю. Зуев. – М.: Издательство МЭИ, 2010.

23. Шумилов И.С. Системы управления рулями самолётов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
24. Зуев Ю.Ю. Гидропневмооборудование и гидропневмопривод роботов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
25. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учеб. для машиностроительных вузов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. 3-е изд., стер. М.: Издательский дом «Альянс», 2009.
26. Фомичев В.М. Проектирование электрогидравлических усилителей следящих приводов, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.
27. Чернавский В.А., Кожухова А.В. Основы систем автоматизированного проектирования гидропневмосистем, Ростов-на-Дону. Изд. центр ДГТУ, 2009.
28. Компьютерная программа «FluidSim-H, версия 4,5» фирмы «Фесто» (зарегистрирована в НИУ-МЭИ).
29. Интернет-ресурсы: [www.boschrexroth.ru](http://www.boschrexroth.ru), [www.hydrpac.com](http://www.hydrpac.com), [www.atos.com](http://www.atos.com), [www.hydac.com](http://www.hydac.com), [www.vickers.spb.ru](http://www.vickers.spb.ru).

**Дополнительная литература:**

30. Атлас конструкций гидромашин и гидропередат./Бим-Бад Б.М., Кабаков М.Г., Прокофьев В.Н. и др. М.: Машиностроение, 1990. –134 с.
31. Голубев В.И., Могильников П.В. Испытания гидравлических устройств. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006.
32. Романович Ж.А., Высоцкий В.А. Надежность функционирования гидравлических и пневматических систем в машинах и аппаратах бытового назначения. М.: «Дашков и Ко», 2011. - 272с.
33. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем. М.: Дрофа, 2008. - 240с.
34. Грибков А.М., Давыдов А.И., Пятигорская Е.И., Филатов С.В. Лабораторный практикум по курсу «Механика жидкости и газа». Учебное пособие. М.: Изд-во МЭИ. 2007.
35. Смит Д.Дж. Безотказность, ремонтпригодность и риск. Практические методы для инженеров, включая вопросы оптимизации надежности и систем, связанных с безопасностью. М.: Группа ИДТ, 2007. - 432с.
36. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. Практикум. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. - 560с.
37. Грибков А.М. Расчет колебаний валов гидромашин.- М.: Изд-во МЭИ,1998.

38. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 1987.

39. Стесин С.П., Яковенко Е.А. Лопастные машины и гидродинамические передачи. М.: Машиностроение, 1990. –240 с.

40. Ломакин А.А. Центробежные и осевые насосы. М.-Л.: Машиностроение, 1966.

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение: *(программное обеспечение, на которое кафедра или МЭИ имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение).*

Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>
- База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>
- База данных Scopus <https://www.scopus.com>
- Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>
- База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>
- База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>
- База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
- Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>
- Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>
- Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>
- Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>
- Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>
- Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>
- Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Доцент кафедры ГГМ  
к. т. н.



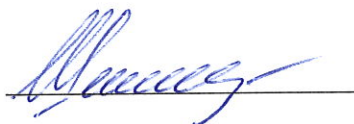
Лямасов А.К.

Заведующий кафедрой ГГМ  
д.т.н.



Волков А.В.

Директор ИГВИЭ



Шестопалова Т.А.