

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор ФГБОУ ВО «НИУ  
«МЭИ» по научной работе  
Драгунов В.К.

---

подпись

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В  
АСПИРАНТУРУ**

Направление – 15.06.01, Машиностроение

код, название

## **1. Направленность – 05.02.10, Сварка, родственные процессы и технологии**

шифр, название

Программа предназначена для поступающих на обучение по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в НИУ «МЭИ» по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение, направленности 05.02.10 Сварка, родственные процессы и технологии.

Вступительное испытание по специальности предназначено для выявления уровня специальных (профессиональных) знаний поступающих, определяющих их подготовленность к решению профессиональных задач и продолжению образования в аспирантуре.

Целью вступительного испытания является установление соответствия уровня подготовленности поступающего к самостоятельному решению профессиональных задач в процессе обучения в аспирантуре и выполнению квалификационной работы в области сварки.

Задачей вступительного испытания является определение и объективная оценка компетенций поступающего. Для этого, на вступительном экзамене по специальности поступающий должен продемонстрировать знания о закономерностях образования неразъемных соединений материалов, металлургических и физических процессов в материалах при сварке, наплавке, пайке, нанесении покрытий, термической резке и других родственных процессах, разработкой высокоэффективных ресурсосберегающих технологий соединения материалов, методов проектирования прочных и надежных сварных конструкций, сварочного оборудования, технологических и робототехнических комплексов для производства сварных изделий, методов управления параметрами технологических процессов для обеспечения стабильности качества и свойств сварных соединений.

Основу настоящей программы составляют экзаменационные вопросы, отражающие следующие объекты исследований:

1. Физико-химические процессы в сварочных источниках энергии – дуге, плазме, электронном, световом и лазерном луче.
2. Металлургические процессы в сварочной ванне, кристаллизация сварных швов.
3. Физические процессы в материалах при сварке и родственных технологиях, фазовые и структурные превращения, образование соединений и формирование их свойств.
4. Технологические основы сварки плавлением и давлением.
5. Тепловые процессы и деформации при сварке, пайке и наплавке.
6. Системы стабилизации, программного управления и регулирования параметров технологии сварки и родственных процессов.
7. Влияние конструктивных особенностей сварных соединений и технологии сварки на прочность, надежность и ресурс сварных конструкций.
8. Оборудование для сварки, резки, пайки, наплавки, нанесения покрытий, склеивания.

## Содержание вступительного испытания

1. Природа образования соединений при сварке.
2. Классификация процессов сварки. Источники энергии для сварки, их обобщенные характеристики.
3. Строение, виды и области применения электрической сварочной дуги.
4. Основные процессы в столбе дуги. Напряженность поля, плотность тока и концентрации мощности в столбе.
5. Закономерности плавления и испарения металлических электродов. Перенос металла в дуге.
6. Общие условия устойчивости электрической дуги. Действие магнитных полей на дугу, их использование для управления дугой и процессами сварки. Особенности дуг, питаемых переменным и импульсным токами.
7. Параметры режима дуговой сварки и их влияние на форму ванны и размеры шва.
8. Лучевые источники нагрева, их виды, особенности и области применения.
9. Электронный луч, как источник энергии. Принцип сварки электронным лучом в вакууме.
10. Лазерный луч как источник нагрева при сварке, резке и термической обработке. Достижения и проблемы электронно-лучевой и лазерной сварки.
11. Электрошлаковый нагрев. Энергетические процессы в шлаковой и металлической ваннах. Условия устойчивости электрошлакового процесса, физико-химические процессы при электрошлаковой сварке.
12. Электроконтактный нагрев и плавление металлов. Физические процессы в сварочных контактах соединяемых заготовок.
13. Принципиальные схемы сварки взрывом. Условия образования соединений при сварке взрывом.
14. Физические процессы при диффузионной сварке. Механизм образования сварных соединений при диффузионной сварке.
15. Природа образования соединений при пайке.
16. Свариваемость материалов. Показатели свариваемости.
17. Металлургические процессы при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Взаимодействие металлов, шлаков и газов. Газы в сварных соединениях.
18. Основные характеристики тепловых процессов. Модели источников
19. тепла, объектов сварки, наплавки. Дифференциальное уравнение теплопроводности, основные краевые условия, учитываемые при его решении.
20. Расчет температурных полей при нагреве тел движущимися сосредоточенными, точечными и линейными источниками тепла. Особенности нагрева пластин мощными быстро движущимися источниками. Методы расчета температурных полей при нагреве тел распределенными источниками. Вычисление скоростей охлаждения в различных точках тел, нагреваемых движущимися источниками.
21. Термические циклы при однопроходной и многослойной сварке и наплавке. Плавление основного металла, длина жидкой ванны. Тепловая эффективность процессов сварки, наплавки и нанесения покрытий. Нагрев и плавление присадочных материалов.
22. Кристаллизация металла при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Природа химической и физической неоднородности соединений металлов.

23. Горячие трещины при сварке. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию горячих трещин. Способы предотвращения горячих трещин.
24. Особенности структуры зоны термического влияния в сварных соединениях. Фазовые и структурные превращения при сварке конструкционных сталей.
25. Природа холодных трещин. Методы оценки сопротивляемости металлов образованию холодных трещин. Способы предотвращения холодных трещин.
26. Деформации и напряжения при неравномерном нагреве. Механизм возникновения напряженного состояния при сварке, наплавке и нанесении покрытий. Приближенная теория сварочных деформаций и напряжений.
27. Классификация процессов сварки плавлением. Технология сварки и наплавки покрытыми электродами. Технология автоматической и механизированной сварки. Наплавка и нанесение покрытий.
28. Технология сварки низкоуглеродистых, низколегированных и среднелегированных конструкционных сталей.
29. Технология сварки высоколегированных сталей и сплавов мартенситного, ферритного и аустенитного классов.
30. Технология сварки разнородных сталей одного структурного класса и разных структурных классов.
31. Технология сварки чугуна.
32. Технология сварки меди и ее сплавов, алюминия, магния и их сплавов, никеля и его сплавов, титана и его сплавов.
33. Технология наплавки. Формирование свойств наплавленного металла, метод его легирования.
34. Дефекты сварных соединений. Поры в сварных швах. Неметаллические включения в швах. Прочие дефекты сварных соединений.
35. Классификация способов контактной сварки. Условия формирования сварных соединений при точечной и шовной сварке. Особенности формирования соединений при стыковой сварке.
36. Выбор режимов и технология сварки конструкционных материалов при точечной и шовной сварке. Технология стыковой сварки.
37. Технология сварки токами высокой частоты.
38. Технология и области применения холодной сварки.
39. Технология и области применения ультразвуковой сварки.
40. Пайка металлов. Теоретические основы пайки металлов. Сущность процесса пайки металлов. Физические процессы при пайке. Диффузионное и химическое взаимодействие припоя с паяемым металлом. Способы удаления поверхностных пленок и восстановление оксидов при пайке.
41. Припой. Классификация припоев по химическому составу, температуре плавления и механическим свойствам. Наиболее распространенные группы припоев.
42. Флюсы. Назначение, требования к флюсам. Виды флюсов и их классификация. Типы паяных соединений. Расчет прочности паяных соединений. Технология пайки различных металлов и сплавов. Методы контроля паяных соединений.
43. Современное представление о механизме процесса склеивания. Классификация клеев. Наиболее распространенные клеи на основе термореактивных и термопластичных полимеров. Преимущества и недостатки клеевых соединений.

44. Деформации и напряжения, вызываемые процессами сварки, наплавки и нанесения покрытий. Концентрация напряжений в сварных соединениях.
45. Влияние дефектов на механические свойства сварных соединений и их работоспособность.
46. Остаточные напряжения в сварных соединениях. Деформации, напряжения и перемещения в элементах сварных конструкций, экспериментальные и расчетные методы их определения. Методы снижения напряжений и деформаций при сварке и наплавке.
47. Прочность сварных соединений при статических нагрузках. Прочность при переменных нагрузках. Причины хрупких разрушений сварных конструкций.
48. Классификация методов контроля качества сварки, наплавки и нанесения покрытий.
49. Методы неразрушающего контроля качества металлов, швов, наплавки и покрытий.
50. Физические основы и разновидности магнитных и электромагнитных методов контроля, техника и технология их применения.
51. Основы и классификация радиационных методов контроля.
52. Источники рентгеновского и гамма-излучения, их конструкции, аппаратура и приспособления для управления. Радиографический контроль.
53. Физические основы, классификация ультразвуковых методов контроля. Приборы и оптимальные параметры ультразвукового контроля. Технология ультразвукового контроля, методы измерения дефектов.
54. Принципы, классификация и технология капиллярных методов контроля.
55. Методы контроля непроницаемости. Течеискатели.
56. Механические испытания качества сварки, наплавки и нанесения покрытий. Металлография, химический анализ и коррозионные испытания сварных соединений, наплавки и покрытий.

### **Примерный перечень экзаменационных билетов:**

#### **Билет № 1**

1. Основные характеристики тепловых процессов. Модели источников тепла, объектов сварки, наплавки. Дифференциальное уравнение теплопроводности, основные краевые условия, учитываемые при его решении.
2. Технология сварки высоколегированных сталей и сплавов мартенситного, ферритного и аустенитного классов.
3. Прочность сварных соединений при статических нагрузках. Прочность при переменных нагрузках. Причины хрупких разрушений сварных конструкций.

#### **Билет № 2**

1. Электронный луч, как источник энергии. Принцип сварки электронным лучом в вакууме.
2. Технология сварки разнородных сталей одного структурного класса и разных структурных классов.
3. Классификация методов контроля качества сварки, наплавки и нанесения покрытий.

#### **Билет № 3**

1. Лазерный луч как источник нагрева при сварке, резке и термической обработке. Достижения и проблемы электронно-лучевой и лазерной сварки.
2. Термические циклы при однопроходной и многослойной сварке и наплавке. Плавление основного металла, длина жидкой ванны. Тепловая эффективность

процессов сварки, наплавки и нанесения покрытий. Нагрев и плавление присадочных материалов.

3. Методы неразрушающего контроля качества металлов, швов, наплавки и покрытий.

### Рекомендуемая литература

#### *Основная литература:*

1. Материаловедение и технология материалов в 2 ч. Часть 1: учебник для академического бакалавриата / Г. П. Фетисов; под ред. Г. П. Фетисова. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 386 с.
2. Теория сварочных процессов: учебник для вузов / В.М. Неровный и др. / под ред. В.М.Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 702 с.
3. Оборудование электронно-лучевых комплексов для производства продукции современной энергетики / А.В. Щербаков, В.В. Новокрещенов, Р.В. Родякина, В.Н. Ластовиря. – М.: Вече, 2016. – 208 с.
4. Высокоэффективные процессы обработки материалов современной энергетики: учебное пособие / В.В. Новокрещенов, Р.В. Родякина; ред. В. Н Ластовиря. – М.: Вече, 2015. – 272 с.
5. Новокрещенов В.В., Родякина Р.В. Неразрушающий контроль сварных соединений в машиностроении: учебное пособие. – М.: Юрайт, 2017 . – 274 с.
6. Создание сварных комбинированных конструкций в энергетике. Часть1. Физические процессы при сварке разнородных материалов: учебное пособие / В.К. Драгунов, А.Л. Гончаров, Е.В. Терентьев, А.Ю. Марченков. - М.: Вече, 2015. – 176 с.
7. Потапьевский А.Г., Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
8. Теория свариваемости сталей и сплавов / Э.Л. Макаров, Б.Ф. Якушин; под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 550 с.
9. Климов, А.С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке: учебное пособие / А.С. Климов, Н.Е. Машнин. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 236 с..
10. Гаспарян, В.Х. Электродуговая и газовая сварка: учебное пособие / В.Х. Гаспарян, Л.С. Денисов. – Минск: "Вышэйшая школа", 2016. – 305 с.

#### *Дополнительная литература:*

1. Третьяков А.Ф. Материаловедение и технологии обработки материалов: учебное пособие для вузов / А.Ф. Третьяков, Л.В. Тарасенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 541 с.
2. Теория и технология формирования неорганических покрытий: монография / Г.В. Бобров, А.А. Ильин, В.С. Спектор. – Москва: Альфа-М: ИНФРА-М, 2014. – 925 с.
3. Расчет точности параметров аргодуговой и контактной сварки / В.П. Сидоров, А.В. Мельзитдинов. – Тольятти: Анна, 2018. – 251 с.

### **1. Механика жидкости и газа**

Основные физические свойства жидкости и газа. Понятие о массовых и поверхностных силах, баланс сил. Дифференциальное уравнение гидростатики. Распределение давления в неподвижной жидкости. Основные понятия кинематики; идеальная и вязкая жидкость, установившееся и неустановившееся движение, линия тока, трубка тока, потенциальное и вихревое движение жидкости. Определение расхода, интенсивности вихревой трубки и циркуляции скорости. Теорема Стокса. Основные уравнения гидродинамики: уравнение неразрывности, уравнение движения идеальной жидкости Эйлера. Уравнение Бернулли для элементарной струйки и «целого» потока (для случая идеальной и реальной жидкости, установившегося и неустановившегося движения). Структура потока в трубе. Уравнение равномерного прямолинейного движения вязкой жидкости в трубе. Распределение касательных напряжений по сечению трубы и давлений по ее длине. Закон трения Ньютона. Распределение скоростей по сечению трубы при ламинарном и турбулентном движении жидкости. Вычисление потерь давления по длине трубы. Коэффициент трения и его связь с числом Рейнольдса. Местные сопротивления. Внезапное расширение потока (теорема Борда). Истечение из отверстий и насадков. Коэффициент скорости, расхода и сжатия. Течение в диффузорах.

Уравнений 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. Уравнение Прандтля движения вязкой жидкости в пограничном слое. Интегральное уравнение для пограничного слоя.

Неустановившееся движение жидкости и газа; уравнения, описывающие такое движение. Гидравлические сопротивления при неустановившихся течениях. Гидравлический удар. Колебания жидкости и газа.

### **2. Объемные гидравлические машины и гидропередачи**

Поршневые и роторные гидромашины. Их устройство, особенности рабочего процесса, параметры, статические характеристики, кинематика механизмов вытеснения рабочей жидкости. Конструкции распределителей

рабочей жидкости. Расчет размеров, силовые соотношения в многопоршневых гидромашинах. Расчет крутящих моментов и сил, действующих на статор и ротор. Гидравлическое уравнивание нагрузок. Высокомоментные (тихоходные) гидромоторы. Основные особенности их конструкций. Расчет крутящих моментов, инерционных и гидравлических сил. Выбор оптимальных профилей направляющих статора. Шестерённые и винтовые гидромашин. Основные кинематические соотношения. Расчеты нагрузок и их уравнивание. Расчет основных размеров. Потери энергии в гидрообъемных машинах. Теоретическое и экспериментальное определение потерь и КПД. Рабочие жидкости для систем объемного гидропривода. Их основные физические свойства и характеристики. Рекомендации по выбору рабочих жидкостей. Причины загрязнения рабочих жидкостей в гидросистемах. Классы чистоты и требования к качеству рабочей жидкости для гидросистемы. Фильтры. Их классификация по принципу действия.

Объемный гидравлический привод. Принципиальные схемы. Примеры практического применения. Статические характеристики идеализированных моделей. Математическая модель объемного гидропривода с регулируемым насосом, учитывающая утечки. Передаточная функция такой модели и частотные характеристики. Гидравлический привод с дроссельным регулированием. Варианты подключения регулируемых дросселей, уравнения статических характеристик. Привод с дросселирующими гидрораспределителями. Статические характеристики. Математическая модель привода с ЭГУ и электрической главной обратной связью. Линеаризация модели. Анализ динамических процессов при управлении. Применение ЭВМ в динамических расчетах гидроприводов.

### **3. Лопастные гидравлические машины и гидродинамические передачи**

Различные виды лопастных гидромашин, их назначение. Основные параметры лопастных гидромашин. Классификация лопастных гидромашин по принципу действия. Основные конструктивные схемы гидротурбин, насосов и насос-турбин. Элементы проточной части лопастных гидромашин (центробежного насоса, реактивной гидротурбины, насос-турбины, гидромуфты и гидротрансформатора), их назначение. Понятие о рабочем и теоретическом напоре, гидравлическом КПД гидротурбины и насоса. Виды потерь энергии лопастных гидромашин, их общий КПД.

Основные условия подбора в лопастных гидромашин. Связь между основными параметрами подобных гидромашин. Приведенные величины, коэффициент быстроходности. Классификация лопастных гидромашин по быстроходности и области их применения. Физическая сущность кавитации, ее последствия. Высота всасывания насоса и гидротурбины. Меры защиты от



кавитации. Основные методы расчета рабочих органов лопастных гидромашин. Абсолютное и относительное движение жидкости в рабочем колесе. Треугольник скоростей. Уравнение Эйлера лопастной гидромашин (для насоса и гидротурбины). Рабочие и универсальные характеристики гидротурбины, насоса и насос-турбины. Способы регулирования лопастных гидромашин. Моментные характеристики лопастных гидромашин. Совместная работа насоса и сети.

Насосное оборудование ТЭС. Структурная схема ТЭС. Особенности назначения, условий функционирования и предъявляемые требования, параметры и особенности конструкции питательных, конденсатных и сетевых насосов.

Классификация гидродинамических передач. Основы рабочего процесса, баланс моментов, баланс напоров. Виды потерь: внешняя, универсальная и тяговая характеристики гидромуфт. Приведенные параметры и приведенная характеристика, ее связь с типом лопастной системы. Способы управления гидромуфтой, предельные гидромуфты со статическим и динамическим самоопорожнением. Влияние типа нагрузки на вид внешней характеристики и на потери; тепловой баланс. Расчет гидромуфты на основе моделирования с использованием приведенных характеристик. Особенности рабочего процесса гидротрансформатора, схемы проточной части. Внешняя и приведенные характеристики.

Типы гидротрансформаторов, конструктивные схемы (комплексных, многоколесных и многоступенчатых). Системы питания и охлаждения, тепловой баланс. Способы управления гидротрансформаторами. Согласование работы двигателя и гидротрансформатора. Методы расчета лопастных систем. Основы расчета характеристик гидротрансформатора.

#### **4. Гидравлическая аппаратура**

Дросселирующие гидрораспределители, типы назначения, устройства, принцип действия. Основные схемы подключения в гидравлических системах. Регулировочные и энергетические характеристики. Силы, действующие на подвижные элементы распределителей. Расчет гидрораспределителей. Особенности гидрораспределителей типа «сопло-заслонка», «струйная трубка».

Гидравлические усилители без обратных связей, их 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. Напорные клапаны. Их классификация по принципу действия. Гидродинамический расчет напорных

клапанов прямого действия. Математическое моделирование рабочего процесса напорного клапана непрямого действия. Гидравлические распределители потока. Классификация по виду перекрытия рабочих щелей. Уравнения статических характеристик дросселирующих распределителей. Коэффициенты расхода. Гидродинамические силы. Способы управления распределителями. Примеры применения.

Гидравлические устройства стабилизации потока жидкости, типы, устройство, принцип действия, область применения, особенности применения.

Гидравлические делители и сумматоры потоков объемного и дроссельного типов, устройство, принцип действия, область применения.

Электрогидравлические усилители (ЭГУ) мощности. Назначение. Классификация по основным конструктивным признакам. Виды обратных связей. Математические модели ЭГУ основных типов. Линеаризация уравнений математической модели. Передаточные функции ЭГУ различных типов. Частотные характеристики. Качество переходных процессов в ЭГУ.

Гидравлические аппараты с пропорциональным электромагнитным управлением, их особенности, разновидности, устройство, принцип работы, область применения.

## **5. Пневматический привод и средства автоматизации**

Особенности пневматического привода. Пневматические источники энергии, типы, устройство, принцип действия. Классификация. Основные параметры и характеристики. Способы и приборы для очистки и сушки воздуха, их устройство и принцип действия.

Пневматические исполнительные устройства поступательного и вращательного движений, разновидности, особенности, основные характеристики. 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. Реализация логических функций с помощью мембранной техники.

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.

Методика синтеза одноконтных и многоконтных систем управления пневматическими приводами.

## **6. Динамика и регулирование гидронеуматических систем**

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. Характеристики 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.

Синтез корректирующих звеньев. Методы исследования и расчетов нелинейных систем. Импульсные и цифровые системы. Оптимальные системы. Математическое описание гидро- и пневмосистем. Виды математических моделей гидро- и пневмосистем. Методы исследований и расчетов динамических режимов гидро- и пневмосистем.

Динамические характеристики гидравлических и пневматических линий. Динамические характеристики регулирующих и распределительных устройств. Следящие гидромеханические и пневматические приводы с дроссельным регулированием. Математическая модель, структурная схема, анализ устойчивости и расчет динамических характеристик.

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

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

Функции автоматических регуляторов. Математические модели систем автоматического регулирования объемных насосов. Динамика гидравлических систем с регулируемым насосом.

## **7. Надежность и диагностика гидropневматических систем**

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.

### **Литература**

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: Учебник для вузов. – 7-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2003.
2. Гиргидов А.Д. Техническая механика жидкости и газа: учеб. для вузов. – СПб.; Изд-во СПбГПУ, 2002.
3. Попов Д.Н. Механика гидро- и пневмоприводов: Учебник. – М.:Изд-во МГТУ, 2002. – 320с.
4. Гидравлика, гидромашин и гидropневмопривод. Учебное пособие. / Под.ред. Стесина С.П. – М.: Изд. Центр "Академия". 2008.-336с.
5. Свешников В.К. Станочные гидropриводы. Справочник. – М.: Машиностроение, 2008. – 640с.
6. Шейпак А.А. Гидравлика и гидropневмопривод. Учебник для вузов. 5-е изд., перераб., доп. – М.: МГИУ. 2007. – 264с.
7. 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.
8. Гидропривод. Основы и компоненты. Том 1 (на русском языке) Бош-Рексрот г. Эрбах Германия, 2003. – 322 с.
9. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – С.Пб.: Изд-во «Профессия», 2004. - 752с.
10. Булкин А.Е. Автоматическое регулирование энергоустановок. – Учебное пособие для вузов. – М.: Изд. дом «МЭИ», 2009. – 508с.
11. Никитин О.Ф. Надежность, диагностика и эксплуатация гидропривода мобильных объектов. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 312с.
12. Романович Ж.А., Высоцкий В.А. Надежность функционирования гидравлических и пневматических систем в машинах и аппаратах бытового назначения. – М.: «Дашков и Ко», 2011. – 272с.

13. Смит Д.Дж. Безопасность, ремонтпригодность и риск. Практические методы для инженеров, включая вопросы оптимизации надёжности и систем, связанных с безопасностью М.: Группа ИДТ, 2007. – 432с.

14. Бусырев А.И., Топаж Г.И. Лопастные гидромашины. СПб: ГПУ, 2007. – 122с.

«Согласовано»

Директор ЭнМИ \_\_\_\_\_  
название института

Меркурьев И.В.

Директор ИГВИЭ \_\_\_\_\_  
название института

Шестопалова Т.А