

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический университет имени  
П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

ГГТУ им. П.О.Сухого

  
О.Д.Асенчик

15 12 2015

Регистрационный № УД-21-05/уч

ЛОПАСТНЫЕ МАШИНЫ И ПЕРЕДАЧИ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:  
1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин»

2015 г.

Учебная программа составлена на основе:

образовательного стандарта высшего образования первой ступени для специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» ОСВО 1-36 01 07 – 2013;

учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин»

№ I 36-1-24/уч. от 17.09.2013

№ I 36-1-57/уч. от 21.09.2013

№ I 36-1-06/уч. от 12.02.2014

#### СОСТАВИТЕЛЬ:

Ю.А. Андреевец, старший преподаватель кафедры «Гидропневмоавтоматика» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.А. Гинзбург; главный конструктор ОАО «ГСКТБ ГА»

#### РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Гидропневмоавтоматика» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого» (протокол №3 от 19.10.2015);

Научно-методическим советом машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого» (протокол № 3 от 9.11.2015); *УД-ГА-160/42*

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого» *УДЗ-063-Ау* (протокол № 2 от 03.12.2015).

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого» (протокол № 2 от *08.12.2015*).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Цели и задачи учебной дисциплины.

*Цель дисциплины* – формирование у студентов компетенций, необходимых для деятельности в области исследований, разработки, эксплуатации и производства лопастных машин и передач, в том числе изучение рабочего процесса и конструкций, формирование знаний в области подбора лопастных насосов, проектирования и расчета проточной части рабочего колеса.

#### *Основные задачи дисциплины:*

- дать информацию о типах, параметрах, характеристиках, конструктивных особенностях и областях применения лопастных насосов;
- познакомить обучающихся с основными проблемами, возникающими при эксплуатации лопастных насосов в обслуживаемых гидросистемах, и способах их разрешения с оценкой их энергетической и экономической эффективности;
- дать представление о кавитационных процессах в насосах, научить выполнять расчеты по обеспечению их бескавитационной работы во всех режимах эксплуатации в гидросистемах и познакомить с современными способами повышения их противокавитационных качеств;
- познакомить с целями и методиками испытаний лопастных насосов, оборудованием испытательных стендов и обеспечить приобретение практических навыков их проведения;
- научить разрабатывать техническое задание на проектирование новых насосов;
- научить принимать и обосновывать конкретные технические решения при расчете и проектировании всех элементов проточной части и других узлов лопастных насосов в процессе выполнения курсовой работы.

### Междисциплинарные связи

Содержание тем опирается на приобретенные ранее студентами компетенции при изучении дисциплин: «Математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Механика материалов», «Детали машин», «Материаловедение», «Механика жидкости и газа» и т.п.

Для специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» курс «Лопастные машины и передачи» является одной из дисциплин специализации, на которой базируется изучение других специальных дисциплин, таких как: «Теория и проектирование гидропневмосистем», «Исследование и испытание гидропневмосистем», «Гидропневмосистемы мобильных машин», «Гидропневмоприводы технологических машин» и дипломное проектирование.

## Требования к освоению учебной дисциплины

В соответствии с образовательным стандартом ОСВО 1-36 01 07 – 2013 по специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» в результате изучения дисциплины студент должен обладать компетенциями:

*академическими:*

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

*социально-личностными:*

- уметь работать в команде;
- быть способным к критике и самокритике;
- владеть навыками здоровьесбережения.

*профессиональными:*

- проектировать и конструировать насосы и двигатели;
- осуществлять необходимые расчеты деталей и узлов;
- использовать автоматизированную систему проектирования и современной вычислительной техники;
- выполнять требования стандартов и нормативно-технических документов при проектировании гидромашин;
- производить патентно-информационный поиск, оценивать патентоспособность и патентную чистоту решений;
- обосновывать и выбирать материалы для проектируемых изделий;
- осуществлять рациональные способы монтажа гидромашин и систем;
- осуществлять техническую диагностику гидромашин и гидросистем в целом в процессе их эксплуатации;
- оценивать техническое состояние и определение оптимальных условий и режимов работы гидросистем и оборудования в процессе их эксплуатации;
- знать и уметь применять современные способы обработки результатов исследования, методов оценки точности измерений и анализа полученных результатов;
- владеть рациональными приемами поиска и использования научно-технической информации при проведении научно-исследовательских работ;

- владеть методами математического моделирования и расчета на компьютерной технике гидромашин;
- анализировать и оценивать собранные данные;
- анализировать и оценивать тенденции развития техники и технологий;
- пользоваться глобальными информационными ресурсами;
- понимать сущность и социальную значимость своей профессии, основные проблемы в конкретной области своей деятельности;
- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям;
- работать с научной, технической и патентной литературой.

Для приобретения профессиональных компетенций в результате изучения дисциплины студент должен:

*знать:*

- классификацию, назначение и принципы действия лопастных гидромашин, их достоинства и недостатки, области применения, предъявляемые требования и конструктивные особенности;
- физические модели течений в элементах проточной части насосов;
- методику профилирования лопастей рабочих колес;
- способы снижения силовых нагрузок на ротор и методики расчета остаточных нагрузок;
- методики расчета и способы снижения объемных и механических потерь в насосе;
- ГОСТы и другие нормативные документы по видам и основным параметрам лопастных насосов;
- методы исследований, проектирования и проведения экспериментальных работ;
- материалы и основные технологические требования по изготовлению лопастных машин;
- основы выбора турбин и насосов по основным показателям;
- основы правил эксплуатации, охраны труда и внешней среды;
- основные направления и перспективы совершенствования и развития лопастных машин и передач

*уметь:*

- разрабатывать техническое задание на проектирование и на его основе выполнить технический проект конкурентоспособного насоса;
- пользоваться характеристиками турбин и насосов;
- выбирать тип и марку турбин и насосов и основных их элементов при проектировании оборудования;
- производить расчет гидравлических систем, подбирать оборудование насосных станций;
- производить расчеты, связанные с приспособлением машин к технологическим условиям.

- обосновывать выбор насоса и его привода, оптимизированный по инвестиционным и эксплуатационным затратам при работе в данной гидросистеме;
  - использовать изученные методики при проектировании насоса;
  - использовать имеющиеся компьютерные программы расчетов элементов проточной части при проектировании насоса;
  - рассчитывать полный и частные КПД для расчетного режима и прогнозную характеристику спроектированного насоса;
  - производить испытания и исследования лопастных машин и передач.
- владеть:*
- терминологией в области лопастных машин и передач;
  - навыками проведения гидравлических и прочностных расчетов проточных частей и вспомогательных элементов лопастных насосов;
  - навыками профилирования элементов проточной части лопастных насосов;
  - навыками проведения энергетических и кавитационных испытаний лопастных насосов и получения соответствующих характеристик;
  - навыками проектирования лопастных машин с использованием справочных материалов и технической информации.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Объемные гидро- и пневмомашин» в соответствии с учебным планом по специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» – 164, трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах – 4,0.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам.

	Форма получения высшего образования	
	дневная	заочная
Курс	3	3,4
Семестр	6	6,7
Лекции (часов)	48	8
Практические занятия (часов)	16	4
Лабораторные занятия (часов)	16	4
Аудиторных (часов)	80	16
	Формы текущей аттестации	
Экзамен, семестр	6	7
Курсовая работа, семестр	6	7

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

*Раздел 1. Общие понятия и определения. Теоретические основы.*

Тема 1.1. Введение. Общие понятия и определения. Классификация.

Основные параметры.

Общие понятия и определения лопастных гидромашин и гидродинамических передач. Краткий исторический очерк, области применения и перспективы развития, достоинства и недостатки. Связь с другими курсами специальности. Расход, напор, мощность, КПД. Баланс энергии и виды потерь в лопастных насосах.

Основные классификационные признаки. Классификация лопастных машин по конструкции рабочего колеса; по типу движения жидкости на рабочем колесе; по типам подводящих и отводящих устройств, в зависимости от назначения и свойств перекачиваемой жидкости, по конструктивному исполнению.

Тема 1.2. Конструктивные разновидности лопастных насосов

Центробежные консольные насосы горизонтальные и вертикальные, одноступенчатые и многоступенчатые, с двусторонним входом; погружные скважинные насосы; осевые вертикальные и горизонтальные, диагональные насосы; вихревые насосы.

Тема 1.3. Рабочий процесс в лопастных насосах. Кинематика потока жидкости в центробежном насосе. Треугольники скоростей.

Основные термины. Кинематика потока в проточной части лопастного насоса. Модель струйного движения. Типы лопастей.

Абсолютное и относительное движение жидкости на рабочем колесе лопастного насоса. Определение скоростей движения жидкости в рабочем колесе и построение треугольников скоростей на входе и выходе колеса. Учет стеснения потока лопатками.

Тема 1.4. Основное уравнение лопастных машин. Реальная форма движения жидкости на рабочем колесе.

Момент на валу рабочего колеса. Основные допущения. Вывод основного уравнения лопастных машин в форме моментов и напоров. Основное уравнение центробежных насосов.

Влияние конечного числа лопаток на напор. Присоединенный вихрь. Гидродинамическая сила. Учет неравномерности распределения относительных скоростей движения жидкости по межлопастным каналам в основном уравнении лопастных насосов.

Тема 1.5. Основы теории подобия лопастных насосов.

Критерии подобия. Условия подобия гидромашин. Соотношение параметров натурны и модели при сохранении режима работы. Приведенные показатели лопастных машин. Коэффициент быстроходности. Классифи-

кация лопастных машин по коэффициенту быстроходности. Удельная частота вращения.

## *Раздел 2. Характеристики лопастных насосов. Кавитация.*

### Тема 2.1. Характеристики лопастных насосов

Виды характеристик лопастных насосов: теоретические и действительные, рабочие, универсальные. Применение формул подобия для пересчета характеристик насосов.

Тема 2.2. Подбор насосов. Характеристика насосной установки. Совместная работа насосов.

Эксплуатационные расчеты лопастных насосов. Характеристика насосной установки. Работа насоса на сеть. Подбор насосов на заданные параметры. Виды насосных установок. Номенклатура насосов. Последовательная и параллельная установка насосов.

Тема 2.3. Кавитация в лопастных гидромашинах. Кавитационный и абразивный износ.

Процесс кавитации и кавитационные характеристики. Явления сопровождающие кавитацию в лопастных машинах. Определение критического кавитационного запаса. Способы улучшения противокавитационных свойств лопастных насосов. Причины возникновения кавитационного и абразивного износов лопастных насосов. Области возникновения кавитационного и абразивного износов. Методы уменьшения.

Тема 2.4. Осевая сила на роторе насоса. Уравновешивание ротора в насосах.

Осевые и радиальные силы, действующие на ротор насоса, величина осевого усилия. Уравновешивание ротора в одноступенчатых насосах. Уравновешивание ротора в многоступенчатых насосах. Уплотнения рабочего колеса и вала.

## *Раздел 3. Эксплуатация лопастных насосов.*

Тема 3.1. Устройство насосных установок. Рекомендации по проектированию.

Устройство насосных установок. Рекомендации по проектированию насосных агрегатов, всасывающего и напорного трубопроводов. Правила установки лопастных насосов.

Тема 3.2. Запуск лопастных насосов. Методы запуска. Устойчивость работы насосов.

Условие успешного запуска лопастных насосов. Установка насоса с подпором. Заливка всасывающей линии и корпуса насоса водой перед запуском. Использование вакуум-насосов. Сравнение способов, области



применения, достоинства и недостатки. Устойчивая работа системы насос-трубопровод. Помпаж.

Тема 3.3. Регулирование подачи лопастного насоса. Сравнительная характеристика.

Способы регулирования подачи насоса. Регулирование подачи лопастных насосов: изменением частоты вращения, дросселированием, перепуском и т.д. Достоинства и недостатки, сравнительная характеристика способов регулирования.

#### *Раздел 4. Гидравлические турбины*

Тема 4.1. Гидравлические турбины. Классификация и принцип действия

Гидравлические турбины. Основные понятия. Классификация по способу воздействия потока жидкости на лопастную систему, по конструктивным особенностям. Устройство и принцип действия. Области применения.

Тема 4.2. Основные параметры гидротурбин.

Расход, напор, мощность, КПД. Баланс энергии и виды потерь в гидротурбинах.

Тема 4.3. Основное уравнение гидротурбин. Основы теории подобия гидротурбин. Характеристики гидротурбин.

Основное уравнение гидротурбин. Основы теории подобия гидротурбин, соотношение частот, подач и мощностей турбин. Характеристики гидротурбин.

#### *Раздел 5. Гидродинамические передачи*

Тема 5.1. Основные виды гидроприводов. Основные понятия и классификация, области применения. Рабочие жидкости для гидродинамических передач.

Основные виды гидроприводов. Гидродинамические передачи: основные понятия, разделенные и замкнутые гидродинамические передачи. Достоинства и недостатки. Классификация. Области применения. Рабочие жидкости для гидродинамических передач.

Тема 5.2. Гидродинамические муфты. Классификация и принцип действия. Основные параметры и характеристики гидромуфт.

Основные термины и определения. Устройство и принцип действия. Классификация и особенности конструкции различных модификаций. Основные параметры гидромуфт: крутящий момент, передаточное отношение, скольжение, КПД. Виды характеристик гидромуфт. Классификация режимов работы гидромуфт. Характерные точки.

Тема 5.3. Регулирование гидромуфт. Классификация, способы регулирования. Ограничивающие гидромуфты.

Классификация способов регулирования гидромуфт. Объемное регулирование. Механическое регулирование. Устройство и принцип действия. Области применения. Достоинства и недостатки.

Ограничивающие гидромуфты. Классификация, принцип действия предохранительных гидромуфт. Особенности конструкции. Области применения. Типизация и унификация гидромуфт.

Тема 5.4. Гидродинамические трансформаторы. Основные понятия и классификация. Основные параметры и характеристики гидротрансформаторов.

Гидродинамические трансформаторы. Классификация и особенности конструкции различных модификаций.

Основные параметры. Внутренние и внешние характеристики гидротрансформаторов. Режимы работы. Особенности рабочего процесса. Определение моментов на различных колесах. Прозрачность характеристики гидротрансформаторов.

Тема 5.5. Конструктивные разновидности гидротрансформаторов. Комплексные гидропередачи

Блокируемые, регулируемые, реверсивные, реверсируемые, многоступенчатые, многотурбинные гидротрансформаторы. Принцип действия, Унификация и типизация гидротрансформаторов.

Комплексные передачи. Принцип действия, внешние характеристики, особенности расчета одно- и двухреакторных гидротрансформаторов.

*Раздел 6. Гидромеханические передачи. Испытания лопастных машин.*

Тема 6.1. Классификация и принцип действия гидромеханических передач.

Гидромеханические передачи: определения, классификация и принцип действия. Состав и функции основных частей. Области применения.

Тема 6.2. Гидромеханические передачи с внешним разветвлением силового потока. Гидромеханические передачи с внутренним разветвлением силового потока.

Гидромеханические передачи с внешним разветвлением силового потока. Принципиальные схемы, свойства, характеристики. Гидромеханические передачи с внутренним разветвлением силового потока. Основные схемы, характеристики, свойства.

Тема 6.3. Испытания насосов. Определение характеристик турбин по модельным испытаниям.

Виды испытаний лопастных насосов. Схемы стендов и их принцип работы. Цели и методика испытаний. Проверяемые параметры.

Определение характеристик турбин по модельным испытаниям. Виды испытаний и испытательных стендов. Схемы стендов и их принцип работы. Цели и методика испытаний. Проверяемые параметры.

Тема 6.4. Испытание гидродинамических передач.

Виды испытаний гидродинамических передач. Цели и методика испытаний. Схемы стендов и проверяемые параметры.

## ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа является одним из заключительных этапов изучения курса. Основная задача: закрепить и расширить теоретические знания студента, выработать у него навыки использования ЭВМ, нормативно-технической и справочной литературы.

Курсовая работа способствует подготовке студентов к дипломному проектированию. На выполнение курсовой работы запланировано 40 часов, трудоемкость выполнения, выраженная в зачетных единицах – 1,0.

В задачу студента входит произвести расчет потребного гидравлической сети и построение ее характеристики, подбор насоса по рассчитанным параметрам, а также расчет и профилирование проточной полости рабочего колеса центробежного насоса.

*Объем курсовой работы включает следующее:*

1) расчетно-пояснительная записка (30-40 листов формата А4), состоящая из следующих пунктов:

- а) задание;
- б) введение, в котором отражаются области применения, достоинства и недостатки лопастной машины данной конструкции;
- в) расчет потребного напора системы при заданном расходе и построение характеристики сети;
- г) подбор насоса при расчетных параметрах;
- д) определение геометрических параметров на входе в рабочее колесо;
- е) определение параметров рабочего колеса на выходе;
- ж) профилирование лопасти рабочего колеса;
- з) заключение;
- и) список литературы
- к) приложения.

2) графическая часть (1 лист формата А3-А2), которая состоит из:

- а) график характеристики сети, построенный на миллиметровой бумаге;
- б) чертеж рабочего колеса;

При расчете стремиться к максимальному использованию ЭВМ.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Раздел 1. Общие понятия и определения. Теоретические основы.</i>								
1.1	Введение. Общие понятия и определения. Классификация. Основные параметры	2	1					Тест, выполнение реферата, экзамен
1.2	Конструктивные разновидности лопастных насосов	4			2			Тест, защита лабораторной работы, экзамен
1.3	Рабочий процесс в лопастных насосах. Кинематика потока жидкости в центробежном насосе. Треугольники скоростей	2	2					Тест, выполнение реферата, экзамен
1.4	Основное уравнение лопастных машин. Реальная форма движения жидкости на рабочем колесе	2	2					Тест, выполнение реферата, экзамен
1.5	Основы теории подобия лопастных насосов	2	2					Тест, выполнение реферата, экзамен
<i>Раздел 2. Характеристики лопастных насосов. Кавитация</i>								
2.1	Характеристики лопастных насосов	2			2			Тест, защита лабораторной работы, экзамен
2.2	Подбор насосов. Характеристика насосной установки. Совместная работа насосов	2	2					Тест, выполнение реферата, экзамен

2.3	Кавитация в лопастных гидромашинах. Кавитационный и абразивный износ	2	2		2			Тест, защита лабораторной работы, экзамен
2.4	Осевая сила на роторе насоса. Уравновешивание ротора в насосах	2						Тест, выполнение реферата, экзамен
<i>Раздел 3. Эксплуатация лопастных насосов</i>								
3.1	Устройство насосных установок. Рекомендации по проектированию	2						Тест, выполнение реферата, экзамен
3.2	Запуск лопастных насосов. Методы запуска. Устойчивость работы насосов	2						Тест, выполнение реферата, экзамен
3.3	Регулирование подачи лопастного насоса. Сравнительная характеристика	2	2		2			Тест, защита лабораторной работы, экзамен
<i>Раздел 4. Гидравлические турбины</i>								
4.1	Гидравлические турбины. Классификация и принцип действия	2			2			Тест, защита лабораторной работы, экзамен
4.2	Основные параметры гидротурбин	2	1					Тест, выполнение реферата, экзамен
4.3	Основное уравнение гидротурбин. Основы теории подобия гидротурбин. Характеристики гидротурбин	2						Тест, защита лабораторной работы, экзамен
<i>Раздел 5. Гидродинамические передачи</i>								
5.1	Основные виды гидроприводов. Основные понятия и классификация, области применения. Рабочие жидкости	2	2					Тест, выполнение реферата, экзамен
5.2	Гидродинамические муфты. Классификация и принцип действия. Основные параметры и характеристики гидромуфт.	2			2			Тест, защита лабораторной работы, экзамен

5.3	Регулирование гидромуфт. Классификация, способы регулирования. Ограничивающие гидромуфты	2						Тест, выполнение реферата, экзамен
5.4	Гидродинамические трансформаторы. Основные понятия и классификация. Основные параметры и характеристики гидротрансформаторов	1			2			Тест, защита лабораторной работы, экзамен
5.5	Конструктивные разновидности гидротрансформаторов. Комплексные гидропередачи	2						Тест, выполнение реферата, экзамен
<i>Раздел 6. Гидромеханические передачи. Испытания лопастных машин.</i>								
6.1	Классификация и принцип действия гидромеханических передач	2						Тест, выполнение реферата, экзамен
6.2	Гидромеханические передачи с внешним разветвлением силового потока. Гидромеханические передачи с внутренним разветвлением силового потока	2						Тест, выполнение реферата, экзамен
6.3	Испытания насосов. Определение характеристик турбин по модельным испытаниям	2			2			Тест, защита лабораторной работы, экзамен
6.4	Испытание гидродинамических передач	1						Тест, выполнение реферата, экзамен

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Заочная форма получения образования)

Номер раздела, темы,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Раздел 1. Общие понятия и определения. Теоретические основы.</i>								
1.1	Введение. Общие понятия и определения. Классификация. Основные параметры	0,5						Тест, экзамен
1.2	Конструктивные разновидности лопастных насосов	0,5			2			Тест, защита лаб. работы, экзамен
1.3	Рабочий процесс в лопастных насосах. Кинематика потока жидкости в центробежном насосе. Треугольники скоростей	0,5	2					Тест, экзамен
1.4	Основное уравнение лопастных машин. Реальная форма движения жидкости на рабочем колесе	0,5						Тест, экзамен
1.5	Основы теории подобия лопастных насосов	0,5						Тест, экзамен
<i>Раздел 2. Характеристики лопастных насосов. Кавитация</i>								
2.1	Характеристики лопастных насосов	0,5						Тест, экзамен
2.2	Подбор насосов. Характеристика насосной установки. Совместная работа насосов	0,5	2					Тест, экзамен
2.3	Кавитация в лопастных гидромашинах. Кавитационный и абразивный износ							Тест, экзамен

2.4	Осевая сила на роторе насоса. Уравновешивание ротора в насосах								Тест, экзамен
<i>Раздел 3. Эксплуатация лопастных насосов</i>									
3.1	Устройство насосных установок. Рекомендации по проектированию								Тест, экзамен
3.2	Запуск лопастных насосов. Методы запуска. Устойчивость работы насосов	0,5			2				Тест, защита лабораторной работы, экзамен
3.3	Регулирование подачи лопастного насоса. Сравнительная характеристика	0,5							Тест, экзамен
<i>Раздел 4. Гидравлические турбины</i>									
4.1	Гидравлические турбины. Классификация и принцип действия	0,5							Тест, экзамен
4.2	Основные параметры гидротурбин								Тест, экзамен
4.3	Основное уравнение гидротурбин. Основы теории подобия гидротурбин. Характеристики гидротурбин	0,5							Тест, экзамен
<i>Раздел 5. Гидродинамические передачи</i>									
5.1	Основные виды гидроприводов. Основные понятия и классификация, области применения. Рабочие жидкости								Тест, экзамен
5.2	Гидродинамические муфты. Классификация и принцип действия. Основные параметры и характеристики гидромуфт.	0,5							Тест, экзамен
5.3	Регулирование гидромуфт. Классификация, способы регулирования. Ограничивающие гидромуфты								Тест, экзамен



5.4	Гидродинамические трансформаторы. Основные понятия и классификация. Основные параметры и характеристики гидро-трансформаторов	0,5							Тест, экзамен
5.5	Конструктивные разновидности гидро-трансформаторов. Комплексные гидропередачи								Тест, экзамен
<i>Раздел 6. Гидромеханические передачи. Испытания лопастных машин.</i>									
6.1	Классификация и принцип действия гидромеханических передач								Тест, экзамен
6.2	Гидромеханические передачи с внешним разветвлением силового потока. Гидромеханические передачи с внутренним разветвлением силового потока	0,5							Тест, экзамен
6.3	Испытания насосов. Определение характеристик турбин по модельным испытаниям	0,5							Тест, экзамен
6.4	Испытание гидродинамических передач	0,5							Тест, экзамен

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Примерный перечень лабораторных занятий

- 1) Изучение конструкций и отдельных элементов центробежных насосов
- 2) Нормальные испытания центробежного насоса
- 3) Изучение условий запуска центробежных насосов и типов регулирования подачи
- 4) Кавитационные испытания центробежного насоса
- 5) Изучения конструкции и работы вихревого самовсасывающего насоса
- 6) Изучение конструкций и отдельных элементов гидротурбин
- 7) Изучение устройства и работы гидродинамической муфты
- 8) Изучение на моделях конструкций комплексных гидротрансформаторов.

### Примерный перечень практических занятий

- 1) Определение основных параметров лопастных насосов и турбин.
- 2) Определение скоростей движения жидкости через рабочее колесо центробежной машины. Построение треугольников скоростей.
- 3) Определение момента и напора центробежного насоса по геометрическим параметрам рабочего колеса.
- 4) Расчет коэффициента быстроходности. Пересчет характеристик центробежных насосов по формулам подобия.
- 5) Определение допустимой высоты всасывания и кавитационного запаса центробежных насосов.
- 6) Расчет и выбор центробежного насоса на параметры сети.
- 7) Расчет и проектирование лопастных колес.
- 8) Эксплуатация и испытания лопастных колес. Регулирование подачи.

### Примерный перечень вопросов для самостоятельной работы студентов

- 1) Какие машины называются гидравлическими, лопастными, динамическими. Какие гидравлические машины называются насосами, турбинами, гидродинамическими передачами.
- 2) Принцип действия динамической машины.
- 3) Классификация лопастных машин по направлению движения потока жидкости; по конструкции рабочего колеса; по типу подводящего устройства; по типу отводящего устройства.
- 4) Дополнительная классификация лопастных машин.
- 5) Основные параметры лопастных машин: подача и напор, мощность и КПД. Баланс энергии на рабочем колесе. Потери.

- 6) Движение потока жидкости на рабочем колесе. Основные допущения. Траектория движения жидкости по рабочему колесу в идеальном случае. Скорости движения жидкости. Меридиональный поток и меридиональная скорость.
- 7) Типы лопастей в зависимости от рабочих углов на выходе рабочего колеса.
- 8) Стеснение потока жидкости лопастями на входе и на выходе. Влияние стеснения потока жидкости лопастями на подачу лопастного насоса.
- 9) Построение треугольника скоростей на входе в рабочее колесо и на выходе из рабочего колеса.
- 10) Вывод основного уравнения лопастных машин в форме моментов и напоров. Вывод основного уравнения центробежного насоса.
- 11) Теория подобия лопастных машин. Условия подобия лопастных машин. Следствия из теории подобия лопастных машин: соотношения подач, напоров и мощностей.
- 12) Приведенные показатели лопастных машин. Коэффициент быстроходности. Классификация лопастных машин в зависимости от коэффициента быстроходности.
- 13) Реальное движение потока жидкости в рабочем колесе. Присоединенный вихрь. Гидродинамическая сила.
- 14) Структура потока жидкости в рабочем колесе центробежного насоса. Влияние присоединенных вихрей на напор насоса.
- 15) Уплотнения рабочего колеса и вала: виды, достоинства и недостатки.
- 16) Осевая сила на валу рабочего колеса. Построение эпюр давления. Способы разгрузки ротора насоса от осевого усилия.
- 17) Понятие «кавитация». Причина и места возникновения в лопастных насосах. Явления, сопровождающие кавитацию. Кавитационный запас насоса. Кавитационные характеристики. Противокавитационные свойства насосов.
- 18) Одноступенчатый консольный горизонтальный центробежный насос. Устройство и принцип действия.
- 19) Одноступенчатый вертикальный центробежный насос. Устройство и принцип действия.
- 20) Центробежный насос с двусторонним входом. Устройство и принцип действия.
- 21) Центробежный многоступенчатый секционный насос. Устройство и принцип действия.
- 22) Схемы установки рабочих колес в центробежном многоступенчатом секционном насосе.
- 23) Осевой вертикальный насос. Устройство и принцип действия.
- 24) Диагональный насос. Устройство и принцип действия.
- 25) Вихревой насос закрытого типа. Устройство и принцип действия.
- 26) Вихревой насос открытого типа. Устройство и принцип действия.

- 27) Теоретические характеристики центробежного насоса. Влияние величины рабочего угла на величину и направление скоростей жидкости. Действительная характеристика центробежного насоса. Потери.
- 28) Универсальная и рабочая характеристики центробежного насоса.
- 29) Характеристики осевого насоса.
- 30) Характеристики вихревого насоса.
- 31) Пересчет характеристик центробежного насоса на другую частоту вращения. Кривые подобных режимов. Пересчет характеристик центробежного насоса при обточке рабочего колеса. Парабола обточек.
- 32) Характеристика насосной установки. Потребный напор. Подбор насоса к установке. Рабочая точка. Номенклатура насосов.
- 33) Частные случаи насосных установок: установка с совпадающими приемным и напорным уровнями. Частные случаи насосных установок: установка с напорным уровнем ниже приемного.
- 34) Совместная работа лопастных насосов при последовательном и параллельном подключении.
- 35) Требования, предъявляемые при проектировании насосных установок. Правила установки лопастных насосов при эксплуатации лопастных насосов.
- 36) Условие успешного запуска лопастных насосов. Установка насоса с подпором. Заливка всасывающей линии и корпуса насоса перед пуском.
- 37) Условие успешного запуска лопастных насосов. Использование вакуум-насосов. Водокольцевой вакуум-насос. Устройство и принцип действия.
- 38) Способы регулирования подачи лопастных насосов. Регулирование подачи лопастных насосов дросселированием, изменением частоты вращения насоса, перепуском.
- 39) Кавитационный износ насосов. Эксплуатационные факторы износа. Причины кавитационного износа, связанные с качеством материалов и изготовления насоса. Места возникновения кавитационного износа в лопастных насосах. Уменьшение кавитационного износа.
- 40) Абразивный износ насосов. Причины и места возникновения. Уменьшение абразивного износа.
- 41) Устойчивая работа лопастных насосов на сеть. Неустойчивая работа лопастных насосов на сеть. Помпаж.
- 42) Гидравлические турбины. Общие сведения. Классификация гидравлических турбин по способу воздействия на лопастную систему. Классификация реактивных гидравлических турбин по направлению движения потока жидкости в рабочей полости. Классификация активных гидравлических турбин по конструктивным особенностям.
- 43) Активные гидравлические турбины. Устройство и принцип действия.
- 44) Диагональная гидравлическая турбина. Устройство и принцип действия.
- 45) Осевая гидравлическая турбина. Устройство и принцип действия.

- 46) Радиально-осевая гидравлическая турбина. Устройство и принцип действия.
- 47) Горизонтальные гидравлические турбины. Устройство и принцип действия.
- 48) Реактивные гидравлические турбины малых гидроэлектростанций.
- 49) Активные гидравлические турбины малых гидроэлектростанций.
- 50) Основные параметры гидротурбин. Расход и рабочий напор. Мощность и КПД.
- 51) Основное уравнение гидротурбин.
- 52) Теория подобия гидротурбин. Соотношение подач, мощностей и частот вращения. Коэффициент быстроходности гидравлических турбин.
- 53) Гидродинамические передачи. Определения. Классификация, достоинства и недостатки. Рабочие жидкости для гидродинамических передач.
- 54) Гидродинамические муфты. Определение. Схема и принцип работы.
- 55) Классификация гидродинамических муфт по назначению, по количеству рабочих полостей, по количеству опор, по циркуляции рабочей жидкости.
- 56) Основные параметры гидродинамических муфт.
- 57) Виды характеристик гидродинамических муфт. Полная внешняя характеристика нерегулируемых гидромуфт. Режимы работы гидродинамических муфт. Характерные точки тягового режима гидродинамической муфты. Тяговая, универсальная и безразмерная характеристики гидромуфт.
- 58) Объёмное регулирование гидромуфты насосом, насосом и неподвижной черпательной трубкой, насосом и подвижной черпательной трубкой, подвижной черпательной трубкой.
- 59) Механическое шиберное регулирование гидромуфт, изменением объема сбросной камеры, выдвиганием лопастей, поворотом лопастей.
- 60) Гидродинамические трансформаторы. Определение. Схема и принцип работы. Классификация гидродинамических трансформаторов по свойствам, по конструктивным особенностям.
- 61) Основные параметры гидротрансформаторов. Прозрачность гидротрансформаторов. Характеристики и коэффициент прозрачности.
- 62) Характеристики гидротрансформаторов. Классификация. Полная внешняя характеристика гидротрансформатора. Характерные точки тягового режима гидротрансформаторов. Режимы работы гидротрансформаторов.
- 63) Комплексные гидротрансформаторы. Устройство и принцип действия. Комплексные гидротрансформаторы. Характеристика.
- 64) Устройство и принцип действия двухтурбинного комплексного гидротрансформатора прямого хода.
- 65) Устройство и принцип действия двухреакторного одноступенчатого блокируемого гидротрансформатора.

- 66) Устройство и принцип действия комплексного блокируемого трансформатора прямого хода.
- 67) Устройство и принцип действия двухполостного реверсирующего гидротрансформатора.
- 68) Устройство и принцип действия реверсируемого одноступенчатого гидротрансформатора обратного хода.
- 69) Устройство и принцип действия регулируемого гидротрансформатора.
- 70) Устройство и принцип действия многоциркуляционного гидротрансформатора.
- 71) Устройство и принцип действия многоступенчатого гидротрансформатора.
- 72) Гидромеханические передачи. Определения. Достоинства и недостатки.
- 73) Гидромеханические передачи с внешним разделением потока.
- 74) Гидромеханические передачи с внутренним разделением потока.

### Образовательные технологии

При изучении дисциплины предлагается использовать в учебном процессе инновационные образовательные технологии, адекватные компетентностному подходу в подготовке специалиста (вариативные модели управляемой самостоятельной работы студентов, учебно-методические комплексы, модульно-рейтинговую систему обучения, тестовые и другие системы оценки уровня компетенций студентов).

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Лопастные машины и передачи» используются следующие образовательные технологии:

- Информационно-развивающие технологии:
  - использование мультимедийного оборудования при проведении занятий;
  - получение студентом необходимой учебной информации под руководством преподавателя или самостоятельно ([www.gstu.by](http://www.gstu.by) (Общая информация - Кафедры));
  - метод IT - применение для всех видов контроля -электронного тестового комплекса.

- Развивающие проблемно-ориентированные технологии.
  - элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение), реализуемые на лекционных занятиях;
  - элементы учебно-исследовательской деятельности с использованием творческого подхода, реализуемые на лабораторных занятиях, при выполнении учебно-исследовательской работы или специального индивидуального задания в плане НИР кафедры, а также при самостоятельной работе;

- «междисциплинарное обучение» - использование знаний из разных областей, группируемых и концентрируемых в контексте конкретно решаемой задачи;
- контекстное обучение;
- обучение на основе опыта;
- Личностно ориентированные технологии обучения.
- консультации;
- опережающая самостоятельная работа - изучение студентами нового материала до его изложения преподавателем на лекции и других аудиторных занятиях;

### Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа, в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- управляемая самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных специальных научно-исследовательских заданий с консультациями преподавателя;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка индивидуальных домашних заданий в соответствии с конкретным вариантом исходных данных;
- тестирование;
- подготовка к сдаче экзамена.

Контроль самостоятельной работы студентов и оценка ее результатов организуется как единство двух форм: самоконтроль и самооценка, а также контроль и оценка со стороны преподавателя. Самостоятельную работу студентов можно разделить на обязательную и дополнительную. Обязательная самостоятельная работа обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях, выполненных контрольных работ, тестовых заданий и других форм текущего контроля. Баллы, полученные студентом по результатам аудиторной работы, формируют рейтинговую оценку текущей успеваемости студента по дисциплине.

Дополнительная самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие аналитических навыков по проблематике учебной дисциплины. Подведение итогов и оценка результатов таких форм самостоятельной работы осуществляется во время консультативных часов с преподавателем. Баллы, полученные по этим видам работы, формируют оценку по дополнительной самостоятельной работе студента и учитываются при итоговой аттестации по курсу.

## Диагностика компетентности студента

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий:

- выступление студента на конференции по подготовленному реферату или по результатам законченной научно-исследовательской работы;
- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
- защита выполненных на лабораторных работах индивидуальных заданий;
- защита выполненных в рамках управляемой самостоятельной работы индивидуальных заданий;
- компьютерное тестирование знаний студента;
- защита выполненной курсовой работы;
- сдача экзамена по десятибалльной шкале.

### Фонды оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине «Лопастные машины и передачи» позволяет оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций, включает:

- экзаменационные билеты;
- экзаменационные вопросы;
- набор вариантов практических работ;
- тестовый комплекс.

Оценка качества освоения программы дисциплины «Лопастные машины и передачи» включает текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию (по модулям), итоговую аттестацию.

### Материально-техническое обеспечение дисциплины

#### 1) Материальное обеспечение дисциплины

В специализированной лаборатории «Объемных, динамических гидравлических машин и гидроприводов» имеются экспериментальные стенды.

#### 2) Технические средства обучения и контроля.

Демонстрация учебных фильмов по теме: теоретическим разделам дисциплины, например. «Как выбрать насос».

Электронный курс по дисциплине с тестовым комплексом.

#### 3) Использование персональных ЭВМ.

Использование персональных ЭВМ при выполнении курсовой работы по дисциплине «Лопастные машины и передачи».



## Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний обучающихся отметками в баллах по десятибалльной шкале применяются критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. №09-10/53-ПО)

### Основная литература

- 1) Кабанов В.И. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Лопастные машины и гидродинамические передачи.: Учебное пособие для вузов. – Мн.: Выш.шк., 1989. – 183 с.
- 2) Кривченко Г.И. Гидравлические машины: Турбины и насосы. Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
- 3) Стесин С.П., Яковенко Е.А. Гидродинамические передачи. – М.; Машиностроение, 1987.
- 4) Гидравлика, гидромашины и гидроприводы/ Т.М. Башта [и др.]. – 2-е изд. - Москва; Машиностроение, 1982. – 423 с.

### Дополнительная литература

- 5) Лабораторный курс гидравлики, насосов и гидропередат. Учебное пособие для машиностроительных вузов./под ред. С.С. Руднева и Л.Г. Подвидза. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.
- 6) Вильнер Я.М. и др. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. – Мн., ВШ, 1986
- 7) Карелин В.Я., Новодережкин Р.А. Насосные станции гидротехнических систем с осевыми и диагональными насосами. – М.: Энергия, 1980. – 288 с.
- 8) Михайлов А.К., Малюшенко В.М. Конструкция и расчет центробежных насосов высокого давления. – М.: Машиностроение, 1971. – 304 с.
- 9) Стесин С.П., Яковенко Е.А. Лопастные машины и гидродинамические передачи: Учебник. – М.: Машиностроение, 1990. – 240 с.

### Электронные учебно-методические документы




- 1) Электронный курс по дисциплине «Лопастные машины и передачи». Автор-составитель: Андреевец Ю.А., Кафедра "Гидропневмоавтоматика". – Гомель: ГГТУ, 2015 (<http://www.edu.gstu.by/course/view.php?id=82>)
- 2) ЭУМКД «Лопастные машины и передачи» для специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин». (<https://elib.gstu.by/handle/220612/1527>).

Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний, материалов и технических средств обучения

- 1) Презентации к курсу лекций.
- 2) Андреевец Ю.А. Курс лекций по дисциплине «Лопастные машины и передачи» для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной и заочной форм обучения. – Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2008. (м/ук № 3886)
- 3) Андреевец Ю.А. Лопастные машины и передачи: Практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы транспортных и технологических машин» дневной и заочной форм обучения. – Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2008.- 36 с. (м/ук № 3591)
- 4) Андрианов Д.Н., Шульга Л.И. Центробежные насосы. Ч. 2: Практическое руководство по курсу «Гидропривод и гидроавтоматика» для студентов машиностроительных специальностей. – Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2006. – 48 с. (м/ук № 3314).
- 5) Андреевец Ю.А. Лопастные машины и передачи: лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной и заочной форм обучения. – Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2008.-42 с. (м/ук №3901)
- 6) Андреевец Ю.А. Лопастные машины и передачи: методические указания к курсовой работе по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дневной и заочной форм обучения. – Гомель: ГГТУ им. П.О.Сухого, 2015.- с.

*список литературы сверен АМ (Силотова И.В.)*

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1	2	3	4
Исследование и испытание гидропневмосистем	ГПА	нет  Шашченко Д.А.	
Гидропневмосистемы мобильных машин	ГПА	нет  Новиков Д.М.	
Дипломное проектирование	ГПА	нет  Шашченко Д.А.	