

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

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
ГГТУ им. П.О.Сухого  
\_\_\_\_\_ О.Д.Асенчик  
\_\_\_\_\_ 30.06. \_\_\_\_\_ 2022  
Регистрационный № УД –25– 75 /уч.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И НАДЁЖНОСТЬ ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

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

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 36-1-03/уч. от 11.02.2016

№ I 36-1-12/уч. от 06.02.2019

№ I 36-1-02/уч. от 05.02.2020

#### СОСТАВИТЕЛИ:

В.В. Пинчук, профессор кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», доктор технических наук, доцент

А.Б. Невзорова, профессор кафедры «Технология машиностроения» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», доктор технических наук, профессор.

#### РЕЦЕНЗЕНТ:

В.А. Лодня, декан механического факультета Белорусского государственного университета транспорта, канд. техн. наук, доцент

#### РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 10 от 24.05.2022);

Научно-методическим советом машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого» (протокол № 5 от 20.06. 2022); УД-НГР- 061/уч.

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого» (протокол № 5 от 28.06.2022).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Актуальность изучения учебной дисциплины

В настоящее время актуальным является повышение надежности гидро- и пневмооборудования различных мобильных машин и механизмов. Возрастает роль построения физических и аналитических моделей отказов элементов гидро- и пневмоприводов. Необходимо внедрять методы расчета и прогнозирования показателей надежности приводов на этапах производства и эксплуатации, а также методы диагностики их состояний и повышения надежности путем резервирования. Также важным этапом станет организация эксплуатации привода и оптимизация периодичности технического обслуживания и формирования запаса элементов, предназначенных для ремонта.

### Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины — формирование комплекса знаний, умений и навыков в области основ теории надежности и безаварийной эксплуатации гидропневмоприводов технологических машин.

Задачи учебной дисциплины:

дать студентам знания о теории надежности, позволяющей повысить на стадии проектирования и эксплуатации долговечность и безотказность работы технологических машин;

познакомить студентов с нормативно-правовой базой для обеспечения и поддержания надежности машин;

дать систематизированные знания и развить навыки определения текущего состояния машин с помощью номенклатуры показателей надежности.

### 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;

обладать навыками устной и письменной коммуникации.

*социально-личностными:*

уметь работать в команде;

быть способным к критике и самокритике;

владеть навыками здоровьесбережения.

*профессиональными:*

осуществлять необходимые расчеты по надежности гидropневмоприводов мобильных и технологических машин;

выполнять требования экологических стандартов и нормативно-технических документов при проектировании гидро- и аппаратов, машин, агрегатов и систем в целом;

обосновывать и выбирать количественные показатели надёжности гидropневмосистем технологических машин

знать и уметь применять современные способы расчета параметров надежности машин по критериям прочности, проводить экспертную оценку надежности машин.

анализировать и оценивать тенденции развития техники и технологий;

пользоваться глобальными информационными ресурсами;

Для приобретения профессиональных компетенций в результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

основные понятия и определения;

надежность машин и конструкций;-

объекты, рассматриваемые в области надежности;

вероятность безотказной работы;

параметр потока отказов;

интенсивность отказов;

простые и сложные системы в теории надежности;

количественные характеристики надежности;

показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности,

сохраняемости;

контроль надежности;

расчетный метод определения надежности;

расчетно-экспериментальный метод определения надежности;

экспериментальный метод определения надежности;

математические основы и методы анализа надёжности

гидropневмоприводов;

методы синтеза приводов с заданной надёжностью;

теоретические основы технической эксплуатации

гидropневмоприводов;

технологии технического обслуживания гидropневмоприводов.

**уметь:**

использовать нормативно-правовую базу для обеспечения и поддержания надежности машин;

определять статическую модель элементов и привода в целом;

расчитывать надёжность привода с применением ЭВМ;

рассчитывать вероятность безотказной работы изделия;  
рассчитывать вероятность безотказной работы машин из последовательно соединенных элементов;

**владесть:**

навыками определения текущего состояния машин с помощью номенклатуры показателей надежности;

навыками оценки параметров надежности машин с помощью гистограмм;

навыками экспертной оценки надежности машин;

### **Структура содержания учебной дисциплины**

Содержание тем опирается на приобретенные ранее студентами компетенции при изучении дисциплин: «Гидравлические расчеты оборудования», «Теория автоматического управления», «Математическое моделирование гидропневмосистем», «Объемные гидро и пневмомашин машины», «Лопастные машины и передачи» и т. п.

Для специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» дисциплина «Эксплуатация и надёжность гидропневмосистем технологических машин» является профилирующей дисциплиной, обеспечивающей подготовку специалистов, способных произвести прогнозирование и оценку надёжности, организацию технической эксплуатации и ремонта гидропневмоприводов. Материалы дисциплины используются в дипломном проектировании, а также при прохождении производственной практики.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Эксплуатация и надёжность гидропневмосистем технологических машин» в соответствии с учебным планом по специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» – 60, трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах – 2,5.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам.

Форма получения высшего образования

	дневная
Курс	5
Семестр	9
Лекции (часов)	34
Практические занятия (часов)	17
Лабораторные занятия (часов)	34
Аудиторных (часов)	85
Формы текущей аттестации, семестр	Экзамен, 9

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **Тема 1. Введение. Проблемы надёжности гидropневмосистем.**

Предмет и значение науки о надёжности. Основные направления развития теории надёжности. Основные понятия и определения. Надёжность машин и конструкций. Вероятность безотказной работы. Параметр потока отказов. Средняя наработка на отказ. Интенсивность отказов. Простые и сложные системы в теории надёжности. Объекты рассматриваемые в области надёжности. Структура нормативно-правовой базы обеспечения и поддержания требуемого качества и надёжности машин

### **Тема 2. Отказы элементов гидropневмосистем и их аналитическое описание. Фактические модели отказов.**

Отказ. Критерий отказа. Причина отказа. Последствия отказа. Критичность отказа. Ресурсный отказ. Независимый отказ. Зависимый отказ. Внезапный отказ. Постепенный отказ. Сбой. Перемежающийся отказ. Явный отказ. Скрытый отказ. Конструктивный отказ. Производственный отказ. Эксплуатационный отказ. Деградационный отказ. Прогноз момента наступления отказа.

### **Тема 3. Количественные показатели надёжности гидropневмосистем технологических машин.**

Количественные характеристики надёжности. Показатели надёжности: единичный, комплексный, расчетный, экспериментальный, эксплуатационный, безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости.

### **Тема 4. Основные состояния объекта.**

Исправное состояние. Неисправное состояние. Работоспособное состояние. Неработоспособное состояние. Предельное состояние. Критерий предельного состояния. Основные технические состояния объекта. Состояния объекта, их качественные признаки, для которых не применяют количественные оценки.

### **Тема 5. Временные понятия в теории надёжности.**

Общее уравнение надёжности машин. Продолжительность или объем работы объекта. Нарботка до отказа. Нарботка между отказами. Время восстановления. Ресурс. Срок службы. Срок сохраняемости. Остаточный ресурс. Назначенный ресурс. Назначенный срок службы. Назначенный срок хранения. График интенсивности отказов машин по данным наблюдений. Расчет средней наработки до отказа не восстанавливаемой технической системы по данным испытаний машин. Расчет вероятности безотказной работы изделия для экспоненциального закона распределения интенсивности отказов, машин из последовательно соединенных элементов, машины из параллельно соединенных элементов.

### **Тема 6. Резервирование приводов.**

Обеспечение безотказности работы объекта в целом. Резервирование. Резерв. Основной элемент. Резервируемый элемент.

Резервируемый элемент. Кратность резерва. Дублирование. Нагруженный резерв. Облегченный резерв. Ненагруженный резерв. Общее резервирование

### **Тема 7. Испытания гидро- и пневмоприводов по показателям надёжности.**

Испытания на безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Определительные испытания на надежность. Контрольные испытания на надежность. Лабораторные испытания на надежность. Эксплуатационные испытания на надежность. Нормальные испытания на надежность.

### **Тема 8. Теоретические основы нормирования надежности технической эксплуатации гидропневмосистем**

Выбор номенклатуры нормируемых показателей надежности. Техничко-экономическое обоснование значений показателей надежности объекта и его составных частей. Задание требований к точности и достоверности исходных данных. Формулирование критериев отказов, повреждений и предельных состояний. Задание требований к методам контроля надежности на всех этапах жизненного цикла объект. Нормируемый показатель надежности.

### **Тема 9. Основы технического обслуживания гидропневмосистем**

Экономическая эффективность мероприятий повышения показателей надежности гидропневмосистем. Расчет средней наработки до отказа невозстанавливаемой технической системы по данным испытаний машин. Расчет вероятности безотказной работы изделия для экспоненциального закона распределения интенсивности отказов. Расчет вероятности безотказной работы машин из последовательно соединенных элементов. Расчет параметров надежности машин по критериям прочности. Экспертная оценка надежности машин.

### **Тема 10. Технология технического обслуживания гидропневмосистем**

Общие неисправности гидросистем: изнашивание деталей гидронасосов, гидроцилиндров, распределителей, нарушение герметичности соединений, уплотнительных устройств и клапанов, попадание воздуха в систему, загрязнение фильтрующих элементов. Функционирование гидросистем в зависимости от обслуживания присоединительной арматуры, клапанов, уплотнительных устройств.

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

Номер темы,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов VCB	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические	Семинарские	Лабораторные	Иное		
	Эксплуатация и надёжность гидропневмосистем технологических машин	34	17		34			
1	Введение. Проблемы надёжности гидропневмосистем.	2						экзамен
2	Отказы элементов гидропневмосистем и их аналитическое описание. Фактические модели отказов.	2	1		2			экзамен, защита лабор. раб.
3	Количественные показатели надёжности гидропневмосистем технологических машин	2	2		4			экзамен, защита лабор. раб.
4	Основные состояния объекта.	2	2		4			экзамен, защита лабор. раб.
5	Временные понятия в теории надёжности.	2	2		4			экзамен, защита лабор. раб.
6	Резервирование приводов	22	2		4			экзамен, защита лабор. раб.
7	Испытания гидро- и пневмоприводов по показателям надёжности.	2	2		4			экзамен, защита лабор. раб.
8	Теоретические основы нормирования надёжности технической эксплуатации	2	2		4			экзамен, защита лабор. раб.



	гидропневмосистем							
9	Основы технического обслуживания гидропневмосистем	2	2	4				экзамен
10	Технология технического обслуживания гидропневмосистем	2	2	4				экзамен

Библиотека ГГТУ им. П.О.Суворова

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Примерный перечень практических занятий**

1. Проблемы надёжности гидропневмосистем
2. Отказы элементов гидропневмосистем и их аналитическое описание.
3. Количественные показатели надёжности гидросистем технологических машин
4. Инженерные методы надёжности привода
5. Резервирование приводов
6. Испытания гидро-и пневмоприводов по показателям надёжности
7. Теоретические основы технической эксплуатации гидропневмосистем
8. Основы технического обслуживания гидропневмосистем
9. Технология технического обслуживания гидропневмосистем

### **Примерный перечень лабораторных занятий**

1. Анализ причин отказа гидромашин
2. Определение закона распределения времени наработки до отказа
3. Определение показателей надёжности невосстанавливаемого привода
4. Определение показателей надёжности восстанавливаемого привода
5. Определение выходных статических характеристик приводов
6. Анализ надёжности привода методом непревышения
7. Анализ надёжности привода методом структурных схем
8. Исследование статических характеристик надёжности резервированного привода
9. Построение ремонтного цикла гидропривода

### **Методы и технологии обучения**

При изучении дисциплины предлагается использовать в учебном процессе инновационные образовательные технологии, присущие компетентному подходу в подготовке специалиста (вариативные модели управляемой самостоятельной работы студентов, учебно-методические комплексы и др.).

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Отраслевая экология» 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));

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 практических занятиях, 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 практического опыта.

Личностно-ориентированные технологии обучения: консультации; опережающая самостоятельная работа - изучение студентами нового материала до его изложения преподавателем на лекции и других аудиторных занятиях.

### **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 лабораторных работ;  
сдача экзамена.

### **Фонды оценочных средств**

Фонд оценочных средств по дисциплине «Эксплуатация и надёжность гидропневмосистем технологических машин» позволяет оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций, включает: выполнение лабораторного практикума; вопросы к экзамену.

Оценка качества освоения программы дисциплины включает текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию по практическим занятиям и лабораторным работам, итоговую аттестацию.

### **Перечень примерных вопросов для экзамена**

1. Качество технического объекта: определение и основные показатели качества
2. «Спираль качества», ее основные этапы и организационно-технические системы
3. Показатели технологичности изделия, их содержание и значение.
4. Оценка и выбор показателей качества ГПС МА 22
5. Материальный и физический износ оборудования. Экономическая эффективность
6. Система обеспечения качества продукции, требования к качеству

7. Международные и российские ГОСТЫ по качеству продукции
8. Надежность как основная характеристика качества
9. Состояние ГПС МА, показатели состояния и надежность
10. Безотказность и долговечность ТО, коэффициент технического использования
11. Ремонтпригодность и восстанавливаемость ТО как критерии надежности
12. Комплексные расчетные показатели надежности, основные коэффициенты
13. Надежность и эффективность ТО, коэффициент сохранения эффективности
4. Надежность и экономичность, виды затрат, суммарная эффективность
15. Интенсивность отказов, ее изменение во времени, среднее время
16. Состояние ТО, отказы и повреждения
17. Классификация и причины отказов
18. Факторы надежности ГПС по этапам жизненного цикла изделия
19. Внешние и внутренние факторы надежности машин и систем
20. Физико-технические модели отказов (общие положения)
21. Модель «старения и изнашивания» в обеспечении надежности
22. Модель «усталостного разрушения», критерии усталости в ТО
23. Модель «слабого звена» в технической системе. Роль масштабного фактора
24. Критерии и показатели надежности ГПС 2
5. Среднее время безотказной работы, наработка на отказ, ресурс ТО
26. Вероятность безотказной работы ТО и интенсивность отказов
27. Безотказность и долговечность ТО, коэффициенты готовности
28. Законы распределения времени работы ТС до отказа
29. Особенности нормального и экспоненциального распределений
30. Критерии надежности восстанавливаемых ГПС, поток отказов
31. Резервирование как способ повышения надежности ГПС МА
32. Резервирование при параллельном соединении
33. Скользящее и общее резервирование: расчет надежности
34. Цели и задачи испытаний на надежность (ИнН)
35. Специальные испытания на надежность: виды и содержание
36. Оценка надежности по результатам испытаний при разных режимах
37. Техобслуживание ГПС с контролем надежности, критерии эффективности
38. Эксплуатационная технологичность ГПС, требования и показатели
39. Планирование техобслуживания и ремонта, обеспечение средствами ЗИП
40. Испытания элементов ГПС, установление показателей надежности оборудования

## **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1) Материальное обеспечение дисциплины

Наличие компьютерных классов на факультете.

2) Технические средства обучения и контроля.

Лабораторные установки.

Демонстрация презентаций теоретическим разделам дисциплины.

3) Использование цифровых средств коммуникаций.

Использование личных гаджетов для проработки лекций и при выполнении практических работ по дисциплине «Эксплуатация и надёжность гидropневмосистем технологических машин».

## Основная литература

1. Боглан Н.В., Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмосистем:: учеб. Пособие для вузов / Н.В. Боглан, П.Н. Кишкевич, В.С. Шевченко.- Минск: Урвджай, 2001. - 396 с.

## Дополнительная литература

2. Яхьяев Н.Я. Основы теории надежности и диагностики. Учебник для вузов/Н.Я. Яхьяев, А.В. Кораблин. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. -256 с.

3. Примеры гидравлических расчетов: Учеб. Пособие / Под ред. А.И. Богомолова - 2-е изд., перераб. - М.: Транспорт, 1977. - 526 с.

4. Проников А.С. Надежность машин/ А.С. Проников.- М.: Машиностроение, 1978.

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

1 Пинчук, В. В. Эксплуатация и надежность гидропневмосистем технологических машин : электронный учебно-методический комплекс дисциплины для студентов спец. 1-36 01 07 "Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин" / В. В. Пинчук, С. М. Матвеевкова. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014.

## 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
Гидропневмосистемы технологического оборудования	НГР и ГПА	Дополнений и изменений нет	
Техническая диагностики гидропневмосистем	НГР и ГПА	Дополнений и изменений нет	
Дипломное проектирование	НГР и ГПА	Дополнений и изменений нет	

В.В. Пинчук