

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

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор
ГГТУ им. П.О.Сухого

_____ О.Д. Асенчик
(подпись) (И.О.Фамилия)
02.12. 2020

Регистрационный № УД– 32 – 48 /уч.

ОСНОВЫ ТРИБОФАТИКИ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей:

1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники»

Учебная программа составлена на основе:
образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-36 01 01-2019
№ 66, учебных планов первой ступени высшего образования ГГТУ им. П.О. Су-
хого: I 36-1-05/уч. от 06.02.2019, I 36-1-16/уч. от 06.02.2019, I 36-1-09/уч. от
05.02.2020; I 36-1-51/уч. от 05.04.2019; I 36-1-41/уч. от 12.02.2020 по специаль-
ности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной тех-
ники»

СОСТАВИТЕЛИ:

А.В. Голопятин, доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины» учре-
ждения образования «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», к.т.н., доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

С.А. Федорович, генеральный конструктор Научно-технического центра
комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Сельскохозяйственные машины» учреждения образования «Го-
мельский государственный технический университет им. П.О. Сухого»
(протокол № 2 от 29. 09. 2020);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета
учреждения образования «Гомельский государственный технический универси-
тет им. П.О. Сухого»

(протокол № 11 от 03. 11. 2020); УД-077-2/уч

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образова-
ния «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого»
(протокол № 1 от 01. 10. 2020); УДз-092-2у

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский го-
сударственный технический университет им. П.О. Сухого»
(протокол № 2 от 01. 12. 2020).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью дисциплины «Основы трибофатики» является формирование у студентов представления о комплексном подходе к оценке и прогнозированию долговечности, предельного состояния и ресурса силовых систем по важнейшим критериям работоспособности.

Задачами дисциплины «Основы трибофатики» являются овладение теоретическими основами и практическими методами расчетов долговечности, износоустойчивости элементов конструкций, необходимых как при изучении дальнейших дисциплин, так и в практической деятельности инженеров, ознакомление с современными подходами к расчету сложных систем, элементами рационального проектирования конструкций.

Дисциплина базируется на знаниях, получаемых студентами из курсов высшей математики, физики, теоретической механики, материаловедения. Знания и навыки, получаемые при изучении дисциплины «Основы трибофатики», широко используются во многих специальных дисциплинах.

При изучении дисциплины «Основы трибофатики» формируется специализированная компетенция (СК-16), а именно быть способным решать инженерные задачи с использованием основных законов механики трения.

Вместе с тем совершенствуется ряд профессиональных компетенций:
в производственно-технологической деятельности:

- выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающую в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- профессионально использовать современную технику, оборудование и приборы;
- принимать на современном уровне инженерные решения по совершенствованию средств механизации;
- анализировать причины нарушений технических требований при выполнении механизированных технологических процессов, принимать участие в разработке мероприятий по их предупреждению;

в проектно-конструкторской деятельности:

- разрабатывать проектную документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы;
- выполнять проектные расчеты с использованием программных комплексов автоматизированного проектирования;
- анализировать и оценивать данные и согласовывать представляемые материалы;
- подготавливать информационные обзоры, а также рецензии, отзывы и заключения на техническую документацию;
- разрабатывать и применять методы и средства технической диагностики;
- производить патентно-информационный поиск, оценивать патентоспособность и патентную чистоту технических решений;

в инновационной деятельности:

- определять цели инноваций и способы их достижения;
- работать с научной, технической и патентной литературой;
- оценивать конкурентоспособность и эффективность разрабатываемых объек-

тов;

в организационно-управленческой деятельности:

– разрабатывать и принимать участие в реализации мероприятий по повышению эффективности производства, сокращению расхода материальных ресурсов, снижению трудоемкости и энергоемкости, повышению производительности труда.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- комплексный подход к оценке и прогнозированию долговечности, предельного состояния и ресурса силовых систем по важнейшим критериям работоспособности;
- постановку задач оценки долговечности типичных силовых систем с учетом разных факторов, влияющих на формирование их технического ресурса;
- принципы построения алгоритма управления процессами износоусталостного повреждения силовых систем;
- методику анализа риска и безопасности, в том числе и построение оперативной характеристики риска;

уметь:

- решать задачи оценки долговечности типичных силовых систем с учетом разных факторов, влияющих на формирование их технического ресурса;
- решать задачи на объемное разрушение, долговечность трибофатических систем;
- решать задачи по энергетической теории предельных состояний трибофатических систем и т.д.

владеть:

– методиками расчета на прочность, на усталость, на фрикционную усталость (контактная усталость), опасного объема в паре трения и т.д.

Форма получения высшего образования: дневная, заочная сокращенная.

Общее количество часов отводимых на изучение учебной дисциплины «Основы трибофатики» в соответствии с учебными планами по специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» для всех форм получения высшего образования составляет 90 часов. Трудоемкость учебной дисциплины - 3 зачетных единицы.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам для студентов дневной формы обучения:

	набор 2018	набор 2019	набор 2020
Курс	4	4	4
Семестр	8	8	8
Лекции (часов)	24	32	24
Лабораторная работа (часов)	16	16	16
Всего аудиторных часов	40	48	40
Форма текущей аттестации по учебной дисциплине:			
Зачет, семестр	8	8	8

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам для студентов заочной сокращенной формы обучения:

	набор 2019	набор 2020
Курс	2, 3	2, 3
Семестр	4, 5	4, 5
Лекции (часов)	6 (4 семестр)	4 (4 семестр)
Лабораторная работа (часов)	4 (5 семестр)	4 (5 семестр)
Всего аудиторных часов	10	8
Форма текущей аттестации по учебной дисциплине:		
Зачет, семестр	5	5

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Объемное разрушение: статика (сопротивление материалов)

Нагрузки. Условие прочности. Допускаемое напряжение. Внутренние усилия: метод сечений. Механические свойства. Основные типы статического разрушения. Механические состояния. Закон Гука. Энергия деформации. Сложное напряженное состояние. Теории прочности. Методы расчета на прочность.

Тема 2. Методы износоусталостных испытаний.

Тема 3. Объемное разрушение: усталость.

Характер нагружения. Циклы напряжений. Приведение асимметричного цикла к симметричному. Кривая усталости и ее параметры. Долговечность. Усталостное разрушение. Механизмы усталости металлов. Циклическое упрочнение – разупрочнение. Гипотезы накопления повреждений. Усталость при жестком нагружении.

Тема 4. Объемное разрушение: механическая усталость

Расчеты на усталость. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. Расчет усталостной долговечности. Влияние различных факторов на сопротивление усталости. Концентрация напряжений. Масштабный эффект. Напряженное состояние. Механические свойства материалов. Температура. Коррозия. Состояние поверхности.

Тема 5. Поверхностное повреждение: трение и износ при скольжении.

Сила и коэффициент трения. Закон трения (в силовой и энергетической постановках). Третье тело. Смазка. Механизмы изнашивания. Кривая фрикционной усталости в многоцикловой области и ее параметры. Интенсивность изнашивания. Классы износостойкости. Полная кривая фрикционной усталости и ее анализ. Основные виды износа и повреждаемости при трении. Расчеты на фрикционную усталость (контактная усталость).

Тема 6. Надежность трибофатической системы.

Тема 7. Поверхностное повреждение: трение и контактная усталость при качении.

Тема 8. Трение в трибофатической системе.

Индекс трения в трибофатической системе. Закон трения в трибофатической системе. Деформационный подход к расчету силы (параметра) трения в трибофатической системе. Экспериментальная проверка закона трения в трибофатической системе. Влияние смазки. Модифицированная кривая Герси-Штрибека. Масштабные уровни трения: (сплошная среда; трибологическая макросреда; наноразмерная среда). Функция перехода механизмов трения.

Тема 9. Основные закономерности износоусталостных повреждений: прямой эффект (ПЭ)

Влияние износа на сопротивление усталости. Влияние трения на сопротивление усталости. Трение и износ в металл/металлической и металл/полимерной трибофатических системах. Основные закономерности прямого эффекта. Взаимодействие необратимых повреждений при прямом эффекте (в условиях трения скольжения).

Тема 10. Основные закономерности износоусталостных повреждений: обратный эффект.

Тема 11. Энергетическая теория предельных состояний трибофатических систем

Постановка задачи. Основные положения. Выводы основного многокритериального уравнения. Учет взаимодействия повреждений, обусловленных нагрузками разной природы. Учет влияния коррозии. Методика оценки основных параметров и коэффициентов.

Тема 12. Состояние поврежденности трибофатических систем

Постановка задачи. Модель тела с опасным объемом в сопротивлении усталости: линейное напряженное состояние. Методика расчета опасного объема: в паре трения. Основные типы статистических и динамических опасных объемов. Методика расчета опасных объемов: трибофатическая система. Локальная повреждаемость и прогнозирование начального трещинообразования. Взаимодействие опасных объемов.

Тема 13. Долговечность трибофатических систем

Постановка задачи. Долговечность при регулярном нагружении. Гипотеза накопления повреждений. Долговечность при нерегулярном (блочном) нагружении.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ
 Дневная форма получения образования (набор 2018, набор с 2020)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Иное	
1	2	3	4	5	6	8
ВСЕГО:		24		16		
1.	Объемное разрушение: статика (сопротивление материалов)	2		2		Защита лабораторных работ, зачет
2.	Методы износоусталостных испытаний	2		4		
3.	Объемное разрушение: усталость	2		2		
4.	Объемное разрушение: механическая усталость	2				
5.	Поверхностное повреждение: трение и износ при скольжении	2		4		
6.	Надежность трибофатической системы	2				
7.	Поверхностное повреждение: трение и контактная усталость при качении	2		4		
8.	Трение в трибофатической системе	2				
9.	Основные закономерности износоусталостных повреждений: прямой эффект (ПЭ)	2				
10.	Основные закономерности износоусталостных повреждений: обратный эффект	2				
11.	Энергетическая теория предельных состояний трибофатических систем	2				
12.	Состояние поврежденности трибофатических систем	1				
13.	Долговечность трибофатических систем	1				

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ
Дневная форма получения образования (набор 2019)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Иное	
1	2	3	4	5	6	8
ВСЕГО:		32		16		
1.	Объемное разрушение: статика (сопротивление материалов)	2		2		Защита лабораторных работ, зачет
2.	Методы износоусталостных испытаний	2		4		
3.	Объемное разрушение: усталость	3		2		
4.	Объемное разрушение: механическая усталость	3				
5.	Поверхностное повреждение: трение и износ при скольжении	2		4		
6.	Надежность трибофатической системы	3				
7.	Поверхностное повреждение: трение и контактная усталость при качении	2		4		
8.	Трение в трибофатической системе	3				
9.	Основные закономерности износоусталостных повреждений: прямой эффект (ПЭ)	3				
10.	Основные закономерности износоусталостных повреждений: обратный эффект	3				
11.	Энергетическая теория предельных состояний трибофатических систем	2				
12.	Состояние поврежденности трибофатических систем	2				
13.	Долговечность трибофатических систем	2				

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ
Заочная сокращенная форма получения образования (набор 2019)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Иное	
1	2	3	4	5	6	8
ВСЕГО:		6		4		
1.	Объемное разрушение: статика (сопротивление материалов)			2		Защита лабораторных работ, зачет
2.	Методы износоусталостных испытаний	2				
3.	Объемное разрушение: усталость	2		2		
4.	Объемное разрушение: механическая усталость	2				
5.	Поверхностное повреждение: трение и износ при скольжении					
6.	Надежность трибофатической системы					
7.	Поверхностное повреждение: трение и контактная усталость при качении					
8.	Трение в трибофатической системе					
9.	Основные закономерности износоусталостных повреждений: прямой эффект (ПЭ)					
10.	Основные закономерности износоусталостных повреждений: обратный эффект					
11.	Энергетическая теория предельных состояний трибофатических систем					
12.	Состояние поврежденности трибофатических систем					
13.	Долговечность трибофатических систем					

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ
Заочная сокращенная форма получения образования (набор с 2020)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Иное	
1	2	3	4	5	6	8
ВСЕГО:		4		4		
1.	Объемное разрушение: статика (сопротивление материалов)			2		Защита лабораторных работ, зачет
2.	Методы износоусталостных испытаний	2				
3.	Объемное разрушение: усталость	2		2		
4.	Объемное разрушение: механическая усталость					
5.	Поверхностное повреждение: трение и износ при скольжении					
6.	Надежность трибофатической системы					
7.	Поверхностное повреждение: трение и контактная усталость при качении					
8.	Трение в трибофатической системе					
9.	Основные закономерности износоусталостных повреждений: прямой эффект (ПЭ)					
10.	Основные закономерности износоусталостных повреждений: обратный эффект					
11.	Энергетическая теория предельных состояний трибофатических систем					
12.	Состояние поврежденности трибофатических систем					
13.	Долговечность трибофатических систем					

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Скойбеда, А. Т. Детали машин и основы конструирования: учебник для вузов / А. Т. Скойбеда, А. В. Кузьмин, Н. Н. Макейчик; под общ. ред. А. Т. Скойбеда. – 2-е изд. – Минск: Вышэйшая школа, 2006. – 560 с.
2. Сосновский, Л. А. Основы трибофатики: учебное пособие / Л. А. Сосновский. – Гомель: БелГУТ, 2003. – 246 с.
3. Сосновский, Л. А. Основы трибофатики: пособие к лекционному курсу / Л. А. Сосновский, В. В. Комиссаров, С. С. Щербаков. – Гомель: БелГУТ, 2008. – 215 с.

Дополнительная литература

4. ГОСТ 30638 – 1999 Трибофатика. Термины и определения. – 17 с.
5. ГОСТ 30755 – 2001. Трибофатика. Машины для износоусталостных испытаний. Общие технические требования. – 8 с.
6. ГОСТ 30754 – 2001. Трибофатика. Методы износоусталостных испытаний. Испытания на контактно-механическую усталость. – 32 с.
7. СТБ 1233 – 2000. Трибофатика. Методы износоусталостных испытаний. Ускоренные испытания на контактно-механическую усталость. – 8 с.
8. СТБ 1234 – 2000. Трибофатика. Системы силовые. Статистические показатели качества. – 24 с.
9. СТБ 1448 – 2004. Трибофатика. Методы износоусталостных испытаний. Испытания на фрикционно-механическую усталость (Стандарт Беларуси). – Минск: ГОССТАНДАРТ, 2004. – 14 с.
- 10.
11. Сенько, В. И., Основные идеи трибофатики и их изучение в техническом университете: пособие / В. И. Сенько, Л. А. Сосновский. – Гомель: УО «БелГУТ», 2005. – 191 с.
12. Фундаментальные и прикладные задачи трибофатики : пособие / М. А. Журавков [и др.]. – Минск : БГУ, 2017. – 167 с. : ил.
13. Сосновский, Л. А., Введение в трибофатику : пособие для студентов мех.-мат. фак., обучающихся по специальности 1-31 03 02 «Механика (по направлениям)» / Л. А. Сосновский, М. А. Журавков, С. С. Щербаков. – Минск :БГУ, 2010. – 77 с.
14. Тавтилов, И.Ш. Практикум по основам теории трения, изнашивания и триботехническим испытаниям : учебное пособие / И.Ш. Тавтилов, В.И. Юршев ; Оренбургский государственный университет, Кафедра материаловедения и технологии материалов. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. – 232 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481816>

Учебно-методические материалы

15. Комиссаров, В. В., Определение характеристик сопротивления износоусталостным повреждениям : учеб.-метод. пособие по выполнению лабораторных работ / В. В. Комиссаров ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 47 с.
16. Основы трибофатики: лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 12 01 "Проектирование и производство сельскохозяйственной техники" дневной и заочной форм обучения / В. Б. Попов, В. Ф. Хиженок; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Сельскохозяйственные машины", - Гомель: ГГТУ, 2013. - 71 с.
17. Основы трибофатики : практикум по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 12 01 "Проектирование и производство сельскохозяйственной техники" дневной и заочной форм обучения / составители: В. Б. Попов, А. В. Голопятин ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Сельскохозяйственные машины". - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. - 43 с.

Электронные учебно-методические комплексы

18. Попов, В. Б. Основы трибофатики: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В. Б. Попов, В. Ф. Хиженок. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. Режим доступа <https://elib.gstu.by>.

Примерный перечень тем лабораторных работ

1. Поверхностное повреждение и объемное разрушение.
2. Машины серии СИ для износоусталостных испытаний: устройство и работа.
3. Информационно-управляющие системы машин серии СИ: принципы построения и работа.
4. Экспериментальное определение характеристик трения и изнашивания при скольжении: металл– полимерной пары трения.
5. Экспериментальное определение характеристик трения и изнашивание при качении: металл- металлической пары трения.

Примерный перечень вопросов для самостоятельной работы студентов

1. Объемное разрушение и поверхностное повреждение. Общие понятия.
2. Методика исследования износоусталостных повреждений.
3. Механические свойства материалов.
4. Испытательные машины. Технические характеристики.
5. Основные типы разрушения.
6. Испытательные машины. Конструктивные особенности.
7. Статическая прочность. Механическое состояние.
8. Информационно-управляющие системы.

9. Соппротивление усталости. Кривая усталости.
10. Испытательные машины. Дополнительные устройства.
11. Механизмы усталости металлов.
12. Прямой и обратный эффект. Общие положения.
13. Циклическое упрочнение-разупрочнение.
14. Фрикционно-механическая усталость.
15. Суммирование повреждений.
16. Контактно-механическая усталость.
17. Трение и износ. Сила и коэффициент трения.
18. Прямой и обратный эффект. Влияние условий взаимодействия.
19. Трение и износ. Третье тело. Смазка.
20. Методы расчета силовых систем. Предельное состояние.
21. Трение и износ. Процессы изнашивания.
22. Надежность. Металл-полимерная силовая система. Общие положения.
23. Трение и износ. Скольжение.
24. Надежность. Металл-полимерная силовая система. Определение параметров.
25. Трение и износ. Качение.
26. Надежность. Металл-полимерная силовая система. Вероятность отказов.
27. Трение и износ. Фреттинг.
28. Металл-металлическая силовая система.
29. Надежность. Модель отказов.
30. Система условий надежности.
31. Расчеты на надежность.
32. Ресурс. Регулярное нагружение.
33. Надежность и безопасность. Риск.
34. Ресурс. Блочное нагружение.
35. Прочность материалов в конструкциях.
36. Ресурс. Случайное нагружение.
37. Силовые системы и их повреждение.
38. Сила и коэффициент трения.
39. Методология трибофатики.
40. Интенсивность повреждения.
41. Опасный объем и мера поврежденности. Элемент конструкции.
42. Качество, риск, безопасность.
43. Опасный объем и мера поврежденности. Силовая система.
44. Управление процессами износоусталостного повреждения.
45. Опасный объем и мера поврежденности. Пара трения.
46. Механические свойства материалов.
47. Взаимодействие повреждений.
48. Соппротивление усталости. Кривая усталости.
49. Стадии повреждения и разрушения. Общие положения.
50. Механизмы усталости металлов.
51. Стадии повреждения и разрушения. Долговечность на стадии I.
52. Основные типы разрушения.
53. Стадии повреждения и разрушения. Долговечность на стадии II.
54. Сила и коэффициент трения.

55. Методы износоусталостных испытаний. Основные схемы испытаний.
56. Прочность и жесткость.
57. Основные характеристики сопротивления износоусталостным повреждениям.
58. Механизмы усталости металлов.
59. Определение параметров кривой усталости.
60. Испытательные машины. Технические характеристики.

Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка к сдаче зачета;

В целях развития у студентов навыков работы с учебной и научной литературой можно предложить им часть разделов описательного характера изучить самостоятельно по литературе, указанной в программе.

Для организации самостоятельной работы студентов необходимо использовать: информационные ресурсы учебного портала или электронной библиотеки университета.

Диагностика компетенций студента

Учебными планами по специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» по дисциплине «Основы трибофатики» предусмотрен зачет.

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий: защита лабораторных работ; письменные контрольные работы; устный опрос; проведение текущих опросов по отдельным разделам (темам).

Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

В соответствии с п. 17 Положения «О текущей аттестации» от 11.11.2013 № 29 студенты допускаются к сдаче зачета по учебной дисциплине «Основы трибофатики» при условии выполнения ими всех видов занятий, предусмотренных учебным планом и настоящей учебной программой.

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)
Проектирование сельскохозяйственной техники	СХМ	нет _____ В.Б. Попов (подпись) (ФИО)	

Библиотека ГГТУ им.П.О.Степанова