

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор академии

 _____ А.В. Колмыков

« 17 сентября 2023 г.

Регистрационный № УД- М-381-23.м /уч.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МОБИЛЬНЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства
сельскохозяйственной продукции**

2023 г.

Учебная программа составлена в соответствии с образовательным стандартом углубленного высшего образования по специальности 7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции (ОСВО 7-06-0812-01-2023), а также учебными планами МД-0812-01-6-23у от 27.04.2023, МЗ-0812-01-6-23у от 27.04.2023.

СОСТАВИТЕЛЬ:

В. И. КОЦУБА, заведующий кафедрой технического сервиса и общепрофессиональных дисциплин учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

О. В. ГОРДЕЕНКО, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат технических наук, доцент;

К. Л. ПУЗЕВИЧ, заведующий кафедрой механизации животноводства и электрификации сельскохозяйственного производства учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

кафедрой технического сервиса и общепрофессиональных дисциплин учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 5 от 14 декабря 2023 г.);

методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 4 от 26 декабря 2023 г.);

научно-методическим советом учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 4 от 27 декабря 2023 г.).

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Большинство сельскохозяйственных машин работает при значительных колебаниях температуры и влажности, при повышенном загрязнении. Сезонность сельскохозяйственных работ приводит к высоким нагрузкам в относительно кратковременный период работы. Возникает проблема длительного хранения в межсезонные интервалы. Научному сотруднику, специалисту зачастую приходится решать задачи прогнозирования и обеспечения технического ресурса мобильных энергетических средств. Решение этой проблемы предусматривает установление качественных и количественных закономерностей, определяющих ресурс, разработку методов оценки влияния различных факторов на средний ресурс и разброс ресурса, а также на остаточный ресурс машины.

Решение проблемы открывает пути для научно обоснованного назначения ресурса, анализа и синтеза машин с учетом факторов надежности, для выбора конструктивных и технологических решений, обеспечивающих назначенные показатели долговечности.

Увеличение ресурса машин позволяет существенно экономить материалы, энергетические и трудовые затраты, которые идут на пополнение парка машин и на их ремонт. Особую проблему представляет прогнозирование индивидуального ресурса машин по результатам наблюдений за их состоянием в процессе эксплуатации.

Учебная дисциплина «Прогнозирование остаточного ресурса мобильных энергетических средств» – одна из дисциплин специальной подготовки, формирующих у магистрантов компетентность в решении задач по установлению закономерностей, определяющих ресурс, разработке методов оценки влияния различных факторов на ресурс, научно обоснованного назначения ресурса машин с учетом факторов надежности и выбора конструктивных и технологических решений, обеспечивающих назначенные показатели долговечности при создании новой техники и оборудования.

Цель учебной дисциплины – формирование у будущих магистров системы знаний, умений и профессиональных компетенций по определению ресурса мобильных энергетических средств при проведении научных исследований по созданию новой техники и оборудования.

Задачи учебной дисциплины – формирование у магистрантов прочных знаний: закономерностей износа, старения материалов и механики разрушения деталей, снижения риска возникновения аварийных ситуаций, методики диагностирования технического состояния мобильных энергетических средств, экономико-математических моделей для обоснования назначенного ресурса, прогнозирования остаточного ресурса и оценки вероятностей наступления отказов с целью их предупреждения на стадии проектирования и эксплуатации машин.

Учебная дисциплина «Прогнозирование остаточного ресурса мобильных энергетических средств» в учебном плане для специальности 7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции является дисциплиной вузовского компонента.

Освоение учебной дисциплины «Прогнозирование остаточного ресурса мобильных энергетических средств» базируется на знаниях, полученных при

изучении учебной дисциплины «Оптимизация параметров и режимов работы сельскохозяйственных машин в растениеводстве». В свою очередь знания, приобретенные при изучении учебной дисциплины «Прогнозирование остаточного ресурса мобильных энергетических средств», будут востребованы при параллельном изучении такой учебной дисциплины, как «Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве».

Изучение учебной дисциплины «Прогнозирование остаточного ресурса мобильных энергетических средств» обеспечит формирование у магистрантов следующей специализированной компетенции: использовать современные методы оценки технического состояния и прогнозировать остаточный ресурс мобильных энергетических средств.

В результате изучения учебной дисциплины магистранты должны быть способными диагностировать техническое состояние и прогнозировать остаточный ресурс мобильных энергетических средств на стадии проектирования и эксплуатации.

В результате изучения учебной дисциплины магистранты должны **знать** закономерности износа и старения материалов, а также разрушения деталей, **уметь** проводить диагностирование технического состояния мобильных энергетических средств, **владеть** методикой обоснования назначенного ресурса и прогнозирования остаточного ресурса и с целью предупреждения отказов машин на стадии проектирования и эксплуатации.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине «Прогнозирование остаточного ресурса мобильных энергетических средств» магистрант должен не только приобрести теоретические и практические знания, умения и навыки, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной и социально-культурной жизни страны.

На изучение учебной дисциплины «Прогнозирование остаточного ресурса мобильных энергетических средств» согласно учебному плану по специальности 7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции для дневной формы обучения отводится всего 120 часов (трудоемкость изучаемой дисциплины составляет 3 зачетные единицы), в том числе 48 часов аудиторных, из них лекции – 16 часов, лабораторные занятия – 16 часов, практические занятия – 16 часов. На самостоятельную работу отводится 72 часа. Учебная дисциплина преподается на 2-м курсе в 3-м семестре. Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

На изучение учебной дисциплины «Прогнозирование остаточного ресурса мобильных энергетических средств» согласно учебному плану по специальности 7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции для заочной формы обучения отводится всего 120 часов (трудоемкость изучаемой дисциплины составляет 3 зачетные единицы), в том числе 12 часов аудиторных, из них лекции – 4 часа, лабораторные занятия – 4 часа, практические занятия – 4 часа. На самостоятельную работу отводится 108 часов. Учебная дисциплина преподается на 2-м курсе. Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. ТЕОРИЯ НАДЕЖНОСТИ КАК ОСНОВА РАСЧЕТА РЕСУРСА МАШИН

1.1. Постановка задачи о прогнозировании ресурса. Понятие ресурса. Экономическое значение проблемы ресурса. Основные термины и определения. Прогнозирование ресурса и теория надежности. Прогнозирование ресурса и механика разрушения. Проблема безопасности машин. Постановка задачи о прогнозировании ресурса на стадии проектирования. Постановка задачи о прогнозировании ресурса на стадии эксплуатации.

1.2. Математические основы теории надежности. Основные понятия. Математические модели теории надежности. Простейшие задачи теории надежности. Постановка задач теории надежности машин.

1.3. Модели отказов машин. Метод условных функций надежности. Элементарные модели отказов машин. Кумулятивные модели. Модели марковского типа. Модели пуассоновского типа. Вычисление математических ожиданий числа отказов. Приложение теории надежности к расчету машин.

2. ФАКТОРЫ СНИЖЕНИЯ РЕСУРСА МАШИН

2.1. Механическое изнашивание деталей мобильных машин. Механическое изнашивание. Зарождение и распространение трещин. Зависимость ресурса от износа деталей. Методы снижения износа.

2.2. Усталостное разрушение деталей мобильных машин. Классическая (многоцикловая) усталость. Малоцикловая усталость. Модели хрупкого разрушения. Модели пластического типа. Объединенная теория замедленного разрушения. Методы снижения усталостного разрушения.

2.3. Коррозия металла и ресурс машин. Виды коррозии. Факторы, влияющие на скорость коррозии. Технологии и средства защиты от коррозии.

2.4. Законы суммирования повреждений и их параметры. Нелинейные законы суммирования повреждений. Многостадийная модель. Влияние разброса механических свойств на процесс накопления повреждений. Построение полуэмпирических моделей по данным ресурсных испытаний.

3. РЕСУРСНОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

3.1. Основы ресурсного диагностирования мобильных энергетических средств. Параметры технического состояния машин. Используемые физические процессы и скорость их протекания. Организация диагностирования машин. Методы диагностирования и применяемое оборудование. Обработка результатов ресурсного диагностирования.

3.2. Ресурсное диагностирование цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателей. Ресурсное диагностирование цилиндропоршневой группы двигателя. Ресурсное диагностирование кривошипно-шатунного механизма. Ресурсное диагностирование газораспределительного механизма.

3.3. Ресурсное диагностирование систем питания, смазки и охлаждения двигателей. Ресурсное диагностирование топливopодачи низкого давления. Ресурсное диагностирование топливopодачи высокого давления. Ресурсное диагностирование систем Common Rail и насос-форсунок. Ресурсное диагностирование турбокомпрессоров. Ресурсное диагностирование элементов системы смазки двигателя. Ресурсное диагностирование элементов систем охлаждения двигателя.

3.4. Ресурсное диагностирование трансмиссии и ходовой части. Ресурсное диагностирование сцепления. Ресурсное диагностирование коробок перемены передач. Ресурсное диагностирование тормозной системы. Ресурсное диагностирование шин и рулевого управления.

3.5. Ресурсное диагностирование электрооборудования и гидравлических систем. Ресурсное диагностирование электрооборудования мобильных машин. Ресурсное диагностирование элементов систем зажигания. Ресурсное диагностирование элементов гидронавесной системы, гидрообъемного рулевого управления и гидрообъемной трансмиссии.

4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

4.1. Методы прогнозирования ресурса на стадии проектирования. Постановка задач о прогнозировании ресурса. Асимптотический метод в задачах прогнозирования ресурса. Полудетерминистический метод. Характеристические показатели долговечности. Формулы для вычисления характеристического ресурса. Проблема назначения срока службы и ресурса. Построение целевой функции. Формирование машинных парков и срок службы машин.

4.2. Методы прогнозирования остаточного ресурса на стадии эксплуатации. Методология вероятностного прогнозирования. Прогнозирование на основе кумулятивных моделей. Применение полудетерминистического метода. Прогнозирование ресурса по измерениям нагрузок. Прогнозирование на основе марковских моделей. Прогнозирование на основе моделей пуассоновского типа.

4.3 Виды прогнозирования остаточного ресурса мобильных энергетических средств. Прогнозирование остаточного ресурса по известной наработке с начала эксплуатации. Остаточный ресурс составной части машины. Определение закономерности изменения контролируемого параметра. Прогнозирование остаточного ресурса при неизвестной наработке с начала эксплуатации. Схема прогнозирования остаточного ресурса при неизвестной наработке с начала эксплуатации составной части машины.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Форма получения высшего образования: *дневная*

№ п/п	Название разделов, тем	Всего аудиторных	Количество аудиторных часов			Количество часов СР	Формы контроля знаний
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия		
1	Теория надежности как основа расчета ресурса машин	6	4	–	2	12	Устн. опрос
1.1	Постановка задачи о прогнозировании ресурса	1	1	–	–	4	Устн. опрос
1.2	Математические основы теории надежности	3	1	–	2	4	Сдача работ
1.3	Модели отказов машин	2	2	–	–	4	Устн. опрос
2	Факторы снижения ресурса машин	14	6	6	2	16	Устн. опрос
2.1	Механическое изнашивание деталей мобильных машин	4	2	2	–	4	Сдача работ
2.2	Усталостное разрушение деталей мобильных машин	3	1	2	–	4	Сдача работ
2.3	Коррозия металла и ресурс машин	3	1	2	–	4	Сдача работ
2.4	Законы суммирования повреждений и их параметры	4	2	–	2	4	Сдача работ
3	Ресурсное диагностирование мобильных энергетических средств	12	2	10	–	26	Устн. опрос
3.1	Основы ресурсного диагностирования мобильных энергетических средств	2	2	–	–	4	Устн. опрос
3.2	Ресурсное диагностирование цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателей	2	–	2	–	6	Сдача работ
3.3	Ресурсное диагностирование систем питания, смазки и охлаждения двигателей	2	–	2	–	4	Сдача работ
3.4	Ресурсное диагностирование трансмиссии и ходовой части	2	–	2	–	6	Сдача работ
3.5	Ресурсное диагностирование электрооборудования и гидравлических систем	4	–	4	–	6	Сдача работ
4	Прогнозирование ресурса на стадии проектирования и эксплуатации	16	4	–	12	18	Устн. опрос
4.1	Методы прогнозирования ресурса на стадии проектирования	6	2	–	4	6	Сдача работ
4.2	Методы прогнозирования остаточного ресурса на стадии эксплуатации	6	2	–	4	6	Сдача работ
4.3	Виды прогнозирования остаточного ресурса мобильных энергетических средств	4	–	–	4	6	Сдача работ
	Итого	48	16	16	16	72	Экзамен

Форма получения высшего образования: заочная

№ п/п	Название разделов, тем	Всего аудиторных	Количество аудиторных часов			Количество часов СР	Формы контроля знаний
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия		
1.	Теория надежности как основа расчета ресурса машин	1	1	–	–	22	Устн. опрос
1.1	Постановка задачи о прогнозировании ресурса	–	–	–	–	6	Устн. опрос
1.2	Математические основы теории надежности	0,5	0,5	–	–	10	Сдача работ
1.3	Модели отказов машин	0,5	0,5	–	–	6	Устн. опрос
2.	Факторы снижения ресурса машин	1	1	–	–	30	Устн. опрос
2.1.	Механическое изнашивание деталей мобильных машин	0,5	0,5	–	–	8	Сдача работ
2.2.	Усталостное разрушение деталей мобильных машин	0,5	0,5	–	–	8	Сдача работ
2.3	Коррозия металла и ресурс машин	–	–	–	–	8	Сдача работ
2.4	Законы суммирования повреждений и их параметры	–	–	–	–	6	Сдача работ
3.	Ресурсное диагностирование мобильных энергетических средств	5	1	4	–	34	Устн. опрос
3.1.	Основы ресурсного диагностирования мобильных энергетических средств	1	1	–	–	6	Устн. опрос
3.2.	Ресурсное диагностирование цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателей	1	–	1	–	6	Сдача работ
3.3.	Ресурсное диагностирование систем питания, смазки и охлаждения двигателей	1	–	1	–	6	Сдача работ
3.4.	Ресурсное диагностирование трансмиссии и ходовой части	–	–	–	–	8	Сдача работ
3.5.	Ресурсное диагностирование электрооборудования и гидравлических систем	2	–	2	–	8	Сдача работ
4.	Прогнозирование ресурса на стадии проектирования и эксплуатации	5	1	–	4	22	Устн. опрос
4.1.	Методы прогнозирования ресурса на стадии проектирования	–	–	–	–	8	Сдача работ
4.2.	Методы прогнозирования остаточного ресурса на стадии эксплуатации	–	–	–	–	8	Сдача работ
4.3.	Виды прогнозирования остаточного ресурса мобильных энергетических средств	5	1	–	4	6	Сдача работ
	Итого	12	4	4	4	108	Экзамен

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1. Перечень практических занятий

1. Расчет показателей надежности машин графическими методами.
2. Определение статистических параметров надежности машин.
3. Математическое моделирование ресурсных испытаний.
4. Определение назначенного срока службы и ресурса машины.
5. Формирование машинного парка и срок службы машин
6. Прогнозирование остаточного ресурса на основе кумулятивных моделей.
7. Прогнозирование остаточного ресурса по известной наработке с начала эксплуатации.
8. Прогнозирование остаточного ресурса при неизвестной наработке с начала эксплуатации.
9. Прогнозирование остаточного ресурса составной части машины.
10. Расчет оптимальной периодичности технического обслуживания машин.

4.2. Перечень лабораторных занятий

1. Изучение параметров износа различных материалов.
2. Изучение параметров старения деталей.
3. Испытание деталей на коррозионную стойкость.
4. Ресурсное диагностирование цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателей.
5. Ресурсное диагностирование систем питания, смазки и охлаждения двигателей.
6. Ресурсное диагностирование трансмиссии и ходовой части.
7. Ресурсное диагностирование электрооборудования автотракторной техники.
8. Ресурсное диагностирование гидравлических систем мобильных энергетических средств.

4.3. Рекомендуемые формы и методы обучения

Изучение учебной дисциплины «Прогнозирование остаточного ресурса мобильных энергетических средств» предполагает посещение лекций, лабораторных и практических занятий и самостоятельную работу магистрантов.

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения учебной дисциплины, являются:

– элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;

- компетентностный подход, реализуемый на лекциях, лабораторных и практических занятиях и при самостоятельной работе;
- учебно-исследовательская деятельность, реализация творческого подхода, реализуемые на лабораторных и практических занятиях и при самостоятельной работе;
- проектные технологии, используемые при выполнении конкретных заданий на лабораторных и практических занятиях и при самостоятельной работе.

4.4. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы

Объем самостоятельной работы магистрантов по учебной дисциплине должен соответствовать реальному бюджету времени обучающегося, выделяемого на данный вид работы.

Самостоятельная работа может быть организована как самообразование вне аудитории в удобное для магистранта время или как контролируемая преподавателем работа, при этом преподаватель оказывает методическую помощь, проводит индивидуальные консультации.

Время, отведенное на самостоятельную работу, может использоваться для изучения основной и дополнительной литературы; выполнения расчетов; решения задач; выполнения исследовательских и творческих заданий; подготовку сообщений, тематических докладов, рефератов, презентаций; составления обзора научной (научно-технической) литературы по заданной теме; составления тестов. Контроль качества самостоятельной работы осуществляется в рамках контрольных мероприятий по учебной дисциплине.

Для эффективной организации самостоятельной работы необходимо наличие учебной, справочной, методической литературы и ее перечня; учебно-методического комплекса, в том числе электронного; наглядных пособий, мультимедийных, видеоматериалов; заданий, тестов.

4.5. Перечень рекомендуемых средств диагностики компетенций

Диагностирование знаний и компетенций магистранта (контроль знаний) осуществляется следующим образом. При выполнении лабораторных и практических работ магистранты защищают каждую работу.

Формой контроля изучения теоретического курса является экзамен, а для текущего контроля процесса изучения расчетного курса и стимулирования равномерной работы в течение семестра выполняются контрольные работы.

4.6. Критерии оценок результатов учебной деятельности

Учебная деятельность оценивается по десятибалльной шкале с использованием следующих критериев:

0 баллов – нет ответов на поставленные вопросы варианта;

1 балл – попытка дать ответ, из которой следует, что отвечающий знает, на вопросы какой дисциплины он отвечает;

2 балла – неполные и неточные ответы без пояснений и с существенными ошибками;

3 балла – неполные и неточные ответы без пояснений и с ошибками в пояснениях;

4 балла – неполные ответы по всем вопросам варианта, пояснения отсутствуют или даны с ошибками;

5 баллов – не систематизированные и неполные ответы, содержащие ошибки, пояснения неполные;

6 баллов – систематизированные, но неполные ответы на вопросы, изложение ответов неглубокое, имеются незначительные ошибки;

7 баллов – систематизированные, принципиально правильные, но недостаточно полные ответы на все вопросы, пояснения ответов правильные но неглубокие, имеются незначительные ошибки;

8 баллов – систематизированные правильные и полные ответы на все вопросы, могут присутствовать несущественные неточности, даются правильные, но недостаточно полные и точные пояснения;

9 баллов – систематизированные, глубокие, правильные и полные ответы по всем вопросам, логически верное изложение ответов, даются исчерпывающие пояснения;

10 баллов – систематизированные, глубокие и полные ответы по всем вопросам, логически верное изложение ответов, даются исчерпывающие пояснения, приводятся сведения сверх программного материала или делаются оригинальные обобщения.

4.7. Литература

Основная

1. Маслов, Г. Г. Техническая эксплуатация средств механизации АПК: учеб. пособие / Г. Г. Маслов, А. П. Карабаницкий. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2022. – 192 с.

2. Оборудование технического обслуживания автотранспортных средств: учеб. пособие / В. С. Ивашко, В. А. Лойко, А. Г. Баханович, А. С. Савич, К. В. Буйкус. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2016. – 366 с.

3. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник / А. В. Новиков [и др.]; ред. А. В. Новиков. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 340 с.

4. Диагностика и техническое обслуживание машин для сельского хозяйства : учеб. пособие / А. В. Новиков [и др.] ; ред. А. В. Новиков. – 2-е изд. – Минск: БГАТУ, 2010. – 210 с.

5. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник / А. Д. Ананьин [и др.]. – Москва: Академия, 2008. – 429 с.

Дополнительная

1. Довгяло, В. А. Методы повышения работоспособности машин и механизмов: учебник / В. А. Довгяло. – Гомель: БелГУТ, 2018. – 386 с.
2. Идентификация, квалиметрия и управление качеством промышленной продукции: учеб. пособие / С. А. Ламоткин, К. П. Колногоров, В. С. Волобуев. – Минск: БГТУ, 2015. – 456 с.
3. Диагностирование автомобилей. Практикум : учеб. пособие / А. Н. Карташевич [и др.] ; ред. А. Н. Карташевич. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2011. – 207 с.
4. Сухарев, Э. А. Эксплуатационная надежность машин: теория, методология, моделирование: учеб. пособие / Э. А. Сухарев. – Ровно: НУВХП, 2006. – 191 с.
5. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин: учеб. пособие / И. М. Жарский [и др.]. – Минск: Вышэйш. шк., 2005. – 299 с.
6. Надежность технических систем: курс лекций / сост.: В. С. Ивашко, В. В. Кураш, П. Е. Круглый. – Минск: БГАТУ, 2003. – 153 с.
7. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: учебник / В. В. Курчаткин [и др.]; ред. В. В. Курчаткин. – М.: Академия, 2003. – 459 с.
8. Шадюль, Р. Методология диагностирования машин на всех этапах их существования: монография / Р. Шадюль, М. Воропай, А. Карташевич. – Быдгощ: [б. и.], 2003. – 325 с.
9. Богдан, Н. В. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмосистем: учеб. пособие / Н. В. Богдан, В. С. Шевченко, П. Н. Кишкевич. – Минск: Ураджай, 2001. – 393 с.
10. Техническое обслуживание, текущий ремонт, технология ремонта сельскохозяйственных машин и оборудования: учеб.-практ. пособие / Е. А. Пучин [и др.]. – М.: МГУП, 2001. – 66 с.
11. Баранов, Л. Ф. Техническое обслуживание и ремонт машин: учеб. пособие / Л. Ф. Баранов. – Минск: Ураджай; Ростов н/Д.: Феникс, 2001. – 416 с.