

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова»**

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

краткий курс лекций

для аспирантов 3 года обучения

**Направление подготовки
Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском,
лесном и рыбном хозяйстве**

**Профиль подготовки
Технологии и средства технического обслуживания
в сельском хозяйстве**

Саратов 2014

УДК 631.3.0
ББК 30.8
Ш55

Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве: краткий курс лекций для аспирантов 3 курса направления подготовки «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве» / Сост.: Шишурин С.А. // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 41 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для аспирантов направления подготовки «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве». Целью освоения дисциплины является приобретение аспирантами теоретических знаний и практических навыков по современным технологиям и средствам технического сервиса, инновационным методам ремонта, оценке их эффективности и использование результатов в профессиональной деятельности.

УДК 631.3.0
ББК 30.8

© Шишурин С.А. 2014
© ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014

Введение.

Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве – отрасль науки о технологиях, методах и средствах технического обслуживания и использования, восстановления изношенных деталей и ремонта сельскохозяйственной техники в агропромышленном комплексе. Значение решения научно-технических проблем данной специальности для народного хозяйства состоит в повышении надежности использования сельскохозяйственной техники, улучшении условий труда, технического сервиса в агропромышленном комплексе

Лекция 1

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС И ЕГО РОЛЬ В РАЗВИТИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве – отрасль науки о технологиях, методах и средствах технического обслуживания и использования, восстановления изношенных деталей и ремонта сельскохозяйственной техники в агропромышленном комплексе. Значение решения научно-технических проблем данной специальности для народного хозяйства состоит в повышении надежности использования сельскохозяйственной техники, улучшении условий труда, технического сервиса в агропромышленном комплексе.

Области исследований:

1. Разработка методов оценки качества, обоснования технологических уровней и эффективности технического сервиса отдельных агрегатов, оборудования, поточных линий, качества топливосмазочных материалов и технических жидкостей в агропромышленном комплексе.

2. Исследование надежности сельскохозяйственных машин с целью обоснования нормативов безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости машин и оборудования.

3. Исследования по обоснованию эксплуатационно-технологических требований к новой и отремонтированной технике, к условиям труда обслуживающего персонала и условиям сохраняемости животных.

4. Исследование и разработка технологии и средств восстановления, упрочнения изношенных деталей тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных и мелиоративных машин, оборудования перерабатывающих отраслей АПК.

5. Разработка технологий и средств выполнения отдельных операций технического обслуживания и ремонта машин.

6. Исследование надежности отдельных агрегатов, узлов и деталей сельскохозяйственной техники.

7. Исследование технологических процессов и разработка вопросов организации технического сервиса на предприятиях АПК.

8. Разработка технологии и средств для хранения машин.

В агропромышленный комплекс страны входят отрасли, обеспечивающие сельское хозяйство средствами производства. К ним относятся машиностроение сельскохозяйственное и тракторное, для перерабатывающей промышленности, производство минеральных удобрений. Так как все поставляемые машины и оборудование в течение срока службы подвергаются ремонту, частичному возобновлению, предприятия, выполняющие этот комплекс услуг, также относятся к этой сфере.

Активная роль промышленности проявляется в обеспечении ремонтной базы сельского хозяйства. Для ее укрепления и реконструкции промышленные предприятия разрабатывают и изготавливают для ремонтных мастерских и заводов нестандартное оборудование и оснастку, помогают ремонтным предприятиям в разработке технологий ремонта, обеспечивают их необходимым технологическим оборудованием.

Технический сервис - совокупность услуг по обеспечению сельскохозяйственного производства машинами, оборудованием и приборами, эффективному использованию и

поддержанию их в исправном состоянии в период эксплуатации. Выполнять сервисные работы могут сами сельскохозяйственные предприятия, специализированные и предприятия-изготовители. Совокупность материально-технических объектов исполнителей технического сервиса всех организационно-правовых форм называется ремонтно-обслуживающей базой. Перечень необходимых объектов ремонтно-обслуживающей базы определяется характером работ при технической эксплуатации машин.

Состав и размер объектов ремонтно-обслуживающей базы зависят от исполнителей технического сервиса, обслуживаемого парка машин, распределения работ между предприятиями и др. Непосредственно на сельскохозяйственных предприятиях в зависимости от их размера, количества техники, наличия ремонтно-обслуживающих подразделений выполняются различные виды работ. В крестьянских (фермерских) хозяйствах и небольших кооперативах техническое обслуживание, устранение несложных поломок, подготовка техники к хранению и хранение. При этом, в зависимости от сложности, возможно как самостоятельное выполнение ремонтно-обслуживающим подразделением всех работ, так и их распределение между этим подразделением и специализированными ремонтными предприятиями. Это решается самими сельскохозяйственными предприятиями исходя из наличия и оснащенности объектов ремонтно-обслуживающей базы на сельскохозяйственном и специализированном предприятиях, удаленности специализированных предприятий, качества выполняемых работ и др. На крупных сельскохозяйственных предприятиях ремонтно-обслуживающая база состоит из объектов, которые находятся в бригадах, отделениях и на центральной усадьбе.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите области исследований дисциплины.
2. Дайте определение технического сервиса.
3. Что называется ремонтно-обслуживающей базой?
4. Перечислите основные объекты, входящие в состав ремонтно-обслуживающей базы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Пучин, Е.А.** Технология ремонта машин: учебник для студентов вузов обуч. по спец. 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.Л. Очковский [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с. – ISBN 978-5-9532-0456-9.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.

Лекция 2

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Современные технические средства производства в течение жизненного цикла, нуждаются для поддержания их в работоспособном состоянии в периодическом техническом обслуживании, ремонте и других воздействиях, входящих в технический сервис. Технический сервис представляет собой комплекс услуг (работ) по обеспечению производителей сельскохозяйственной продукции (потребителей) машинами, эффективному их использованию и поддержанию в исправном состоянии в течение всего периода эксплуатации. Этот комплекс может быть представлен в виде самостоятельных, но взаимосвязанных сегментов, а именно:

- организация обеспечения (снабжения) сельхозпроизводителей техникой, оборудованием, запасными частями к ним и другими необходимыми материалами. Обеспечение техникой может осуществляться путем ее продажи в собственность, передачи в аренду, выполнения подрядов на механизированные работы;

- купля-продажа (в том числе по лизингу) новых и подержанных машин, хранение и доставка технических средств производства потребителям; предпродажная подготовка машин (досборка, регулировка, обкатка), монтаж и пуско-наладка технологических комплексов;

- организация и выполнение технического обслуживания, хранения и ремонта машин в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации, восстановление изношенных и изготовление новых деталей, утилизация технических средств производства и оказание других аналогичных услуг. Этот перечень мероприятий технического сервиса охватывает весь жизненный цикл технических средств производства, включая их утилизацию.

Каждый из перечисленных блоков мероприятий предполагает соответствующие организационные и технологические операции, которые необходимо выполнять, через определенный период времени или после выполнения машиной установленного объема работ. Общее содержание этих мероприятий определяется правовыми и иными нормативными документами.

Системой технического обслуживания и ремонта предусмотрены технические воздействия, направленные на сохранение и поддержание в работоспособном состоянии технических средств производства. Эти воздействия охватывают обкатку машин, двигателей и агрегатов, ежесменное и периодическое техническое обслуживание, текущие и капитальные ремонты, межсезонное хранение, временную консервацию и утилизацию техники по окончании срока ее использования. Для конкретных машин и условий эксплуатации периодичность технических воздействий уточняется, отражая специфику их использования и обслуживания.

Номенклатура и объемы работ по техническому сервису весьма широки и многообразны. Значительная их часть постоянно расширяется и уточняется в связи с особенностями использования машин новых конструкций, применением новых сортов масел; смазочных материалов, уточнением режимов использования техники, изменением стабильности регулировок и по другим причинам. Цель всех этих изменений одна – создать потребителю технических средств условия, повышающие эффективность их использования, снижающие издержки их эксплуатации за счет экономного расходования потребляемых ресурсов.

Технический сервис обеспечивается системой предприятий и служб, в которую входят: заводы-изготовители, посредники, ремонтные предприятия и мастерские, станции и пункты технического обслуживания, и другие структуры. Фирменный технический сервис предусматривает непосредственное участие изготовителей техники в ее обслуживании и ремонте на собственных производственных площадях или на базе ремонтных предприятий с привлечением посреднических структур, специализирующихся на таких работах.

Основной объем работ по техническому сервису выполняют ремонтно-технические предприятия районного уровня, имеющие соответствующую материально-техническую базу в виде мастерских, станций и пунктов технического обслуживания, технических обменных пунктов и специализированных участков при агроснабах.

Вопросы для самоконтроля

1. Структура технического сервиса.
2. Меры по поддержанию техники в работоспособном состоянии.
3. Номенклатура и объемы работ по техническому сервису.
4. Предприятия и службы входящие в состав технического сервиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Пучин, Е.А.** Технология ремонта машин: учебник для студентов вузов обуч. по спец. 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.Л. Очковский [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с. – ISBN 978-5-9532-0456-9.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.
3. **Варнаков, В.В.** Организация и технология технического сервиса машин [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по направлению 110300 «Агроинженерия» / В. В. Варнаков, В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М.: КолосС, 2007. – 277 с.: ил. ; 21 см. – (Учебники и ученые пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 273. – 1000 экз. – ISBN 978-5-9532-0486-6.

Лекция 3

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

По степени теплового воздействия на деталь в процессе восстановления можно выделить следующие три способа:

- восстановление, при котором происходит перевод поверхностного слоя детали в зоне соединения в жидкую фазу без применения давления. К этому способу относятся все методы восстановления на основе сварки плавлением и заливки жидким металлом;
- восстановление, при котором один или два соединяемых металла (поверхностный слой детали, присадочный материал) остаются в твердой фазе. К этим методам относятся все способы газотермического напыления, пайки, сварки без расплавления;
- восстановление с использованием дополнительных элементов (вставок, стяжек, пластин и т.п.), химических и электрохимических методов, полимерных материалов.

Общим для способов слесарно-механической обработки является то, что износы поверхностей устраняют слесарной или механической обработкой с изменением их первоначальных размеров. При этом необходимую посадку обеспечивают применением сопряженной детали с измененными размерами или постановкой компенсатора износа (кольца, бандаж, свертные втулки, резьбовые спиральные вставки и т. д.). Иногда поверхность детали обрабатывают до придания ей правильной геометрической формы (диски нажимные, плоскости головок цилиндров и др.).

При пластическом деформировании размеры изношенных поверхностей восстанавливают за счет перераспределения металла от нерабочих участков детали к рабочим. При этом объем детали остается постоянным. Основные достоинства этих способов – не требуется присадочный материал, простота, высокие производительность и качество.

Технология восстановления деталей нанесением полимерных материалов отличается простотой и доступностью (применима даже в полевых условиях), низкой себестоимостью, высокой производительностью и хорошим качеством.

Ручная сварка и наплавка получили широкое применение из-за простоты и доступности. В то же время этот способ малопроизводителен, материалоемок, не всегда обеспечивает высокое качество.

Механизированные способы сварки и наплавки могут быть автоматическими и полуавтоматическими. Большинство этих способов обеспечивает высокие производительность и качество.

Ручные и механизированные сварочно-наплавочные способы получили наибольшее применение (75...80 % общего объема восстановления). Их недостатки – термическое воздействие на основной металл, в том числе на невосстанавливаемые поверхности, деформации деталей, значительные припуски на механическую обработку. Применение большинства из этих способов целесообразно для восстановления сильно изношенных деталей.

При газотермическом напылении расплавленный присадочный материал (проволока или порошок) с помощью сжатого воздуха распыляется и наносится на подготовленную поверхность детали. Способы напыления в зависимости от источника теплоты подразделяют на дуговые (теплота электрической дуги), газопламенные (теплота газового пламени) и т.д. Напылять можно металлы, полимеры и другие материалы. В случае напыления металла процесс называют металлизацией.

Большинство способов напыления обладают высокой производительностью, позволяют достаточно точно регулировать толщину покрытия и припуск на механическую обработку. Серьезный недостаток напыления – низкая сцепляемость покрытия с основой. Для ее повышения применяют нанесение специального подслоя, последующее оплавление и другие способы.

Гальванические покрытия основаны на явлении электролиза. Различаются они видом осаждаемого металла, родом используемого тока, способом осаждения и другими признаками. Гальванические способы высокопроизводительны, не оказывают термического воздействия на деталь, позволяют точно регулировать толщину покрытий и свести к минимуму или вовсе исключить механическую обработку, обеспечивают высокое качество покрытий при дешевых исходных материалах. Применяют их для восстановления мало изношенных деталей. Недостатки этого способа восстановления деталей – многооперационность, сложность и экологическая вредность технологии.

Термическую обработку применяют для упрочнения и восстановления физико-механических свойств деталей (упругости пружин и др.). При химико-термической обработке происходит диффузионное насыщение поверхности детали тугоплавкими металлами (хромом, титаном и др.) при некотором изменении размеров. Эти способы применяют для восстановления и повышения износостойкости малоизношенных деталей (плунжерные пары и др.).

Вопросы для самоконтроля

- 1) Восстановление деталей пластическим деформированием.
- 2) Восстановление деталей ручной и механизированной сваркой и наплавкой.
- 3) Восстановление деталей напылением.
- 4) Восстановление деталей гальваническими покрытиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Пучин, Е.А.** Технология ремонта машин: учебник для студентов вузов обуч. по спец. 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.Л. Очковский [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с. – ISBN 978-5-9532-0456-9.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.
3. **Варнаков, В.В.** Организация и технология технического сервиса машин [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по направлению 110300 «Агроинженерия» / В. В. Варнаков, В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М.: КолосС, 2007. – 277 с.: ил. ; 21 см. – (Учебники и ученые пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 273. – 1000 экз. – ISBN 978-5-9532-0486-6.

Лекция 4

СОВРЕМЕННЫЕ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Одним из направлений исследований в области нанотехнологий – является наноинженерия поверхностей трущихся деталей, т. е. создание методов и технологий формирования поверхностей с оптимальными прочностными и триботехническими свойствами на всех этапах жизненного цикла машиностроительного объекта. Работы в этом направлении охватывают не только этапы разработки, изготовления или ремонта машин и оборудования, но и дальнейший период их эксплуатации, в том числе обкатку, техническое обслуживание, тюнинг и безразборный ремонт. Балк-технология в смысле Дрексlera называется технологией «снизу вверх»: более сложные объемы строятся из простых – отдельных атомов, молекул, наноструктур. В отличие от такого подхода, технология «сверху вниз» предполагает получение малых изделий из больших объемов конструкционного материала. По этому пути человечество следует со времен своего возникновения до наших дней. В современном машиностроении, не говоря уже о ремонтном производстве, при изготовлении ряда деталей до четверти объема материала заготовок переводится в стружку в процессе механической обработки.

Относительно недавно считалось, что трение в подвижных соединениях – только разрушительный процесс, приводящий к отказу узла или машины в целом и в связи с этим к огромным материальным затратам. Открытие избирательного переноса (ИП) при трении, или так называемого «эффекта безызносности», сделанное советскими учеными Д.Н. Гаркуновым и И.В. Крагельским в 1956 г., позволило изменить сложившееся представление о механизме изнашивания и трения.

Было обнаружено неизвестное ранее явление самопроизвольного образования тонкой пленки меди в парах трения бронза – сталь деталей самолетов в условиях смазывания их спиртоглицериновой средой и консистентной смазкой ЦИАТИМ-201. Особенностью эффекта было то, что пленка покрывала не только бронзовую деталь, но и сопряженную с ней стальную поверхность. При этом образовавшаяся тончайшая медная пленка снижала износ и уменьшала силу трения в соединении в 10 и более раз. В дальнейшем при анализе условий работы и трущихся поверхностей деталей поршневого компрессора бытового холодильника было обнаружено аналогичное явление в паре трения сталь – сталь. В данном случае это являлось следствием растворения масло-фреоновой смесью медных трубок охладителя, находящихся на значительном удалении от зоны трения

Сущность ИП, согласно обнаруженному явлению, заключается в том, «... что при трении медных сплавов о сталь в условиях граничной смазки, исключающей окисление меди, происходит явление избирательного переноса меди из твердого раствора медного сплава на сталь и обратного ее переноса со стали на медный сплав, сопровождающееся уменьшением коэффициента трения до жидкостного и приводящее к значительному снижению износа пары трения...». Название «сервовитная» (пленка) происходит от латинского *servo vitte* – спасать жизнь, что подразумевает предотвращение трущихся поверхностей от изнашивания.

Обнаружив необычное явление, но не имея в то время необходимого инструментального оборудования, ученые в полной мере не смогли объяснить

физическую сущность процесса и разработать теоретические аспекты прогнозирования условий возникновения и протекания эффекта безызносности.

Проведенные в последнее время исследования указывают на то, что реальная толщина такой пленки не превышает 1000 \AA (100 нм), т. е. с полной уверенностью можно отнести данное явление к проявлению нелинейных эффектов в наномире. Это на первый взгляд незначительное уточнение позволяет объяснить многие процессы избирательного переноса при трении с позиций современной наноауки и практически реализовать эффект безызносности трущихся поверхностей (не только медьсодержащих) с использованием последних достижений нанотехнологий.

Именно размерными эффектами определяются многие уникальные свойства наночастиц и наноматериалов. Для различных характеристик (механических, электрических, магнитных, химических, квантовых и др.) критический размер может быть различным, так же как и характер их изменений (равномерный или неравномерный).

Вопросы для самоконтроля

1. Наноинженерия поверхностей трущихся деталей.
2. Что подразумевается в нанотехнологиях понятие «технология «сверху – вниз»?»
3. Понятие избирательного переноса.
4. Понятие сервовитной пленки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии. Учебное пособие. Под общей редакцией академика РАСХН. Ерохина М.Н. / М., Росинформагротех, 2008 – 300 с.
2. **Сафонов, В. В.** Применение наноразмерных материалов при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2006. – 97 с. – ISBN 5-7011-0489-3.
3. **Сафонов, В. В.** Нанокпозиционные гальванические покрытия. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2008. – 128 с. – ISBN 978-5-7011-0581-0.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.

Лекция 5

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПРИ СОЗДАНИИ ПРИСАДОК В СМАЗОЧНЫЕ СРЕДЫ

В настоящее время, в немалой степени благодаря работам российских ученых и специалистов, успешно развивается самостоятельное научно-техническое направление – безразборный технический сервис машин и механизмов – комплекс технических и технологических мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту узлов и механизмов без проведения разборочно-сборочных операций. Безразборный сервис включает операции обкатки, диагностики, профилактики, химмотологического тюнинга, очистки и восстановления как отдельных трущихся соединений и агрегатов, так машин и механизмов в целом.

Химмотология – наука о рациональном использовании топлива, масел и автохимии в технике.

Компания «Лаборатория триботехнологии» (Россия – США), Институт прикладной нанотехнологии и Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина многие годы совместно работают по проблемам нанотехнологий, разрабатывают, исследуют и выпускают нанопрепараты для безразборного сервиса (обслуживания) автотракторной техники.

В настоящее время известны несколько групп ремонтно-эксплуатационных препаратов для смазочных материалов, разработанных на основе нанотехнологий:

1. Прирабочные препараты на основе наноалмазов. Входящие в состав присадок наноалмазы (диаметром 4...6 нм) и кластерный углерод структурируют масляную пленку, увеличивают ее динамическую прочность, действуют на кристаллическую решетку поверхности металла, упрочняя ее, формируют новые поверхности трения, уменьшая граничное трение и износ (особенно при больших нагрузках и дефиците смазочного материала). В результате сокращается время обкатки и оптимизируется качество трущихся соединений, улучшается работа двигателя, экономятся топливо и масло, а также снижаются вредных выбросов и облегчается запуск двигателя.

2. Нанокондиционеры металла. В результате трибохимических реакций (образования, распада и восстановления в зоне трения соединений металла с активными молекулами продукта) эти кондиционеры образуют защитный граничный слой (20 – 40 нм). Защитный слой приобретает пластичные и упругие свойства, антифрикционные качества и одновременно стойкость к высоким нагрузкам.

3. Рекондиционеры. Наряду с образованием подобных защитных слоев дополнительно способствуют повышению несущей способности (прочности) масляной пленки. Полимолекулярная система препарата, включающая в себя наноразмерные комплексы (кластеры) органических веществ, структурирует граничную масляную пленку и увеличивает адгезию масла к металлу.

4. Защитные наноприсадки. Они реализуют нанотехнологию защиты двигателя и трансмиссии, повышают ресурс и улучшают эксплуатационные показатели двигателей и агрегатов трансмиссий автомобилей. Присадки содержат современные наноконденты (наночастицы), формирующие защитную пленку (твердую наноструктурную смазку), эффективно снижающую износ деталей и трение.

5. Восстановительные присадки или реметаллизанты. Маслорастворимые или порошковые металлорганические соединения. Реализуют трибохимический («ионный») механизм металлоплакирования поверхностей трения за счет образования

(восстановления) на поверхности металлосодержащей, наноструктурированной защитной пленки. Присадки способствуют «лечению» микродефектов поверхностей трения, восстановлению их работоспособности.

6. Геомодификаторы. Препараты автохимии на основе минералов естественного и искусственного происхождения (нано и микроуровня) получили наименование «геомодификаторы», «геоактиваторы», «ремонтно-восстановительные составы» (РВС-технология) или «ревитализанты». Попадая на поверхности трения вместе с маслом или в составе пластичной смазки, инициируют процесс формирования на трущихся поверхностях металлокерамического покрытия с высокой износостойкостью и малым коэффициентом трения.

Вопросы для самоконтроля

1. Безразборный технический сервис машин и механизмов.
2. Понятие химмотология.
3. Приработочные препараты на основе наноалмазов.
4. Нанокондиционеры металла.
5. Рекондиционеры.
6. Геомодификаторы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии. Учебное пособие. Под общей редакцией академика РАСХН. Ерохина М.Н. / М., Росинформагротех, 2008 – 300 с.
2. **Сафонов, В. В.** Применение наноразмерных материалов при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2006. – 97 с. – ISBN 5-7011-0489-3.
3. **Сафонов, В. В.** Наноконпозиционные гальванические покрытия. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2008. – 128 с. – ISBN 978-5-7011-0581-0.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.

Лекция 6

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПОКРЫТИЙ

В последнее время значительно повышаются требования к долговечности как новой, так и отремонтированной автотракторной техники при минимальных затратах на ремонт, техническое обслуживание и запасные части. В связи с этим большое внимание уделяется разработке новых способов упрочнения и восстановления ресурсоопределяющих деталей машин, к которым относятся нанокпозиционные гальванические и химические покрытия (НКГХП).

Область применения таких покрытий достаточно разнообразна. Они могут применяться для:

- упрочнения и восстановления ответственных деталей машин работающих в условиях интенсивного изнашивания;
- повышения жаростойкости деталей, защиты от коррозии в атмосферных условиях и агрессивных средах;
- повышения ресурса мерительного и режущего инструмента, штампов, пресс-форм и т.д.;
- повышения производительности гальванических производств;
- замены высоколегированных сталей на низколегированные с нанесением покрытия;
- декоративной отделки изделий различного назначения и т.д.

НКГХП получают из суспензий, представляющих собой электролит с добавкой определенного количества нанодисперсного порошка. При прохождении электрического тока на поверхности детали осаждается металл (первая фаза, или матрица) и частицы нанодисперсного порошка (вторая фаза, или упрочнитель), которые зарастают металлом, образуя структуру покрытия.

В качестве основного металла матрицы возможно применение любых гальванических или химических покрытий (хром, железо, никель, цинк и т.д.).

В качестве упрочнителей применяют нанодисперсные порошки оксидов, карбидов, нитридов, силицидов, графита и т.д. Особенностью образования НКГХП, по сравнению с чистыми покрытиями, является то, что в процессе осаждения чистого металла в покрытие непрерывно внедряются частицы различных материалов. Кроме того, соосаждением нанодисперсных частиц можно получать сплавы, которые не образуются при гальваническом осаждении металлов из растворов их солей. Практически этим методом любое простое или сложное вещество, диспергированное в электролите, может быть зарастено металлом.

Для объяснения механизма упрочнения НКГХП основной теоретической базой является теория дислокаций и препятствий. Хорошо известно, что особые дефекты кристалла, называемые дислокациями, присутствуют почти во всех кристаллах.

Дислокации – это дефекты кристаллического строения, представляющие собой линии, вдоль и вблизи которых нарушено характерное для кристалла правильное расположение атомных плоскостей.

Усилия, приложенные к кристаллической решетке, вызывают движение дислокаций. Если на пути движения дислокаций будут встречаться, какие либо препятствия, то это потребует дополнительного усилия для дальнейшего продвижения дислокаций, такими препятствиями для движения дислокаций могут быть равномерно распределенные в

покрытии нанодисперсные частицы. Таким образом, будет повышаться сопротивляемость покрытия внешним нагрузкам.

При встрече с нанодисперсными частицами скользящие дислокации будут огибать препятствия, и оставлять на них замкнутые петли. Если между частицами пройдут и другие дислокации, то они оставят вокруг частицы новые петли большего размера. Прохождение последующих дислокаций между частицами будет затруднено в большей степени, таким образом повысится плотность дислокаций и произойдет упрочнение композиции. Нанодисперсные частицы играют в покрытии роль барьеров, препятствующих выходу дислокаций на поверхность осадка и убыли плотности дислокации.

Около каждой частицы образуется поле напряженного состояния материала матрицы. Вследствие этого на поверхности покрытия возникают зоны, характеризующиеся различной способностью к обратимой микропластической деформации, а при износе поверхностных слоев обнажаются все новые слои максимальной микротвердости. При равномерном распределении нанодисперсных частиц в покрытии образуется своеобразный регулярный микрорельеф по всей его толщине.

Достоинства нанокomпозиционных гальванохимических покрытий.

В качестве основного металла покрытия (матрицы) при получении НКГХП наибольшее значение имеют химическое покрытие никеля и гальванические покрытия железа и хрома. Такие покрытия обладают рядом преимуществ по сравнению с другими гальванохимическими покрытиями. Гальваническое покрытие железа имеет высокую скорость осаждения и дает возможность получать покрытия большей толщины. Процесс химического никелирования протекает без тока, что дает возможность наносить покрытия на детали сложной конфигурации без образования дендритов. А хромовое покрытие обладает достаточно высокой микротвердостью, износостойкостью и коррозионной стойкостью.

Оценка эффективности нанокomпозиционных гальванохимических покрытий в лабораторных условиях.

Для оценки эффективности НКГХП был проведен комплекс лабораторных исследований. Покрытия наносили при режимах твердого хромирования (температура 50 °С, плотность тока 55 А/дм²).

В результате было установлено:

- наибольшей микротвердостью (HV 1400) обладает нанокomпозиционное покрытие хрома, полученное при введении в электролит хромирования нанодисперсных частиц Al₂O₃ (микротвердость покрытия без нанодисперсных частиц составляла 900...1000HV);
- нанодисперсные частицы, вводимые в электролит, в процессе осаждения металла внедряются в покрытие, что приводит к изменению его структуры и как следствие физико-механических свойств;
- момент трения во время проведения испытаний на износостойкость у образцов, покрытых нанокomпозиционным хромом ниже в среднем в 1,4 раза; температура ниже в 1,26 раза; износ образцов полученных с добавлением нанодисперсных частиц оксида алюминия в 2,0...2,5 раза меньше, чем износ образцов полученных без добавления нанодисперсных частиц;
- коррозионная стойкость покрытий, полученных с применением нанодисперсных частиц в 1,8 раза выше, чем стандартного покрытия хрома.

Вопросы для самоконтроля

1. Сущность и область применения нанокomпозиционных гальванических и химических покрытий.
2. Механизмы образования и упрочнения нанокomпозиционных гальванических и химических покрытий.
3. Преимущества нанокomпозиционных гальванических и химических покрытий.
4. Особенности структуры и физико-механические свойства нанокomпозиционных гальванических и химических покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии. Учебное пособие. Под общей редакцией академика РАСХН. Ерохина М.Н. / М., Росинформагротех, 2008 – 300 с.
2. **Сафонов, В. В.** Применение наноразмерных материалов при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2006. – 97 с. – ISBN 5-7011-0489-3.
3. **Сафонов, В. В.** Нанокomпозиционные гальванические покрытия. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2008. – 128 с. – ISBN 978-5-7011-0581-0.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.

Лекция 7

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ. МЕТОДЫ СКАНИРУЮЩЕЙ МИКРОСКОПИИ

Исследования в области нанотехнологий требуют тесной межотраслевой и междисциплинарной кооперации и постоянного обмена результатами научных исследований и практических достижений. Это связано тем, что в этой области тесно пересекаются вопросы и интересы физики, химии и биологии, которые дополняют и обогащают друг друга.

Как уже отмечалось, для исследования, а, следовательно, и для развития нанотехнологий наиболее актуальной является задача разработки и создания инструментального (метрологического) оборудования для изучения атомного строения конструкционных материалов на наноуровне. В настоящее время для подобных особо точных измерений и манипуляций исследователи в основном применяют эффекты квантовой физики.

Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ) – один из важнейших современных методов исследования морфологии и локальных свойств поверхности твердого тела с высоким пространственным разрешением. Как уже отмечалось, на наш взгляд, несмотря на устоявшуюся терминологию, применение термина «микроскопия» не отражает сущность процесса – и следует говорить о «наноскопии», что более соответствует физическому смыслу.

В настоящее время создано целое семейство сканирующих зондовых микроскопов – приборов, в которых исследуемая поверхность сканируется специальной иглой-зондом, а результат регистрируется в виде туннельного тока (туннельный микроскоп), механического отклонения микрозеркала (атомно-силовой микроскоп), локального магнитного поля (магнитный силовой микроскоп), электростатического поля (электростатический силовой микроскоп) и ряда других. Являясь не только измерительными приборами, но и инструментами, с помощью которых можно формировать и исследовать наноструктуры, зондовые микроскопы призваны стать базовыми физическими метрологическими инструментами XXI века.

Упрощенно можно представить, что в сканирующем туннельном микроскопе роль оптического устройства играет тончайшее металлическое (как правило, вольфрамовое) острие, или зонд, кончик которого может представлять собой один-единственный атом и иметь размер в поперечнике около 0,2 нм.

Сканирующий туннельный микроскоп стал базовой моделью семейства более совершенных сканирующих микроскопов ближнего поля с зондами-остриями. Необходимость дальнейших разработок диктовалась стремлением избавиться от основного недостатка прототипа – электропроводности объектов, так как даже проводники и полупроводники часто покрыты изолирующим слоем оксидных пленок. Особенно актуально это является для исследования полимерных и биологических материалов, большинство из которых также не являются электропроводящими.

Принцип действия атомного силового микроскопа (АСМ) основан на использовании сил атомных связей, действующих между атомами вещества. На малых расстояниях между двумя атомами, равных около $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}$, действуют силы отталкивания, а на больших – силы притяжения. Как известно, аналогичные силы действуют между любыми сближающимися телами. В принципе работы АСМ такими телами служат сканируемая поверхность и зонд в виде алмазной иглы, который плавно скользит над

поверхностью образца. Фактически это такая же игла, которая используется в сканирующем туннельном микроскопе. Электронное облако острия алмаза оказывает давление на электронные облака отдельных атомов образца, порождая отталкивающую силу, меняющуюся в соответствии с рельефом поверхности. Эта сила отклоняет кончик острия, перемещения которого регистрируются не электрически (путем измерения туннельного тока), а оптически – с помощью луча лазера, который отражается от верхней части держателя на чувствительное фотодиодное устройство.

При изменении силы, действующей между поверхностью и острием, упругий элемент из фольги (пружинка), на котором оно закреплено, отклоняется, и такое отклонение регистрируется датчиком. В качестве датчика в АСМ могут использоваться любые прецизионные измерители перемещений, например оптические, емкостные или туннельные датчики. Величина отклонения упругого элемента (пружинки) несет информацию о высоте рельефа – топографии поверхности и, кроме того, об особенностях межатомных взаимодействиях.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют сканирующей зондовой микроскопией.
2. Опишите принцип сканирующей зондовой микроскопии.
3. Принцип работы сканирующего туннельного микроскопа.
4. Принцип работы атомного силового микроскопа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии. Учебное пособие. Под общей редакцией академика РАСХН. Ерохина М.Н. / М., Росинформагротех, 2008 – 300 с.
2. **Сафонов, В. В.** Применение наноразмерных материалов при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2006. – 97 с. – ISBN 5-7011-0489-3.
3. **Сафонов, В. В.** Нанокпозиционные гальванические покрытия. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2008. – 128 с. – ISBN 978-5-7011-0581-0.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.

Лекция 8

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ. ПРИНЦИП РАБОТЫ БЛИЖНЕПОЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО МИКРОСКОПА

Несмотря на то, что уже первые АСМ могли давать изображение поверхности любого непроводящего или проводящего образца, давление острия (массой около $1/10^6$ г) оставалось достаточно высоким и значительно искажало форму многих биологических молекул, раздавливало или смещало их из зоны сканирования. Сила давления острия увеличивалась из-за наличия тонких пленок воды и загрязнений, неизбежно накапливающихся как на кончике острия, так и на поверхности исследуемого биологического образца. При сближении острия и поверхности эти загрязнения входят в соприкосновение и силы адгезии обуславливают взаимное притяжение острия и объекта, увеличивая, таким образом, отслеживаемое давление острия.

Поэтому было разработано новое семейство сканирующих микроскопов с зондами-остриями, среди которых основным следует считать ближнепольный оптический лазерный силовой микроскоп. Отмечается, что в последнее время давление зонда на поверхность удалось снизить в 10 раз путем исследования образца внутри капли воды, опустив туда и острие сканера. Нагрузка, которую позволяет отслеживать этот микроскоп – это малая сила притяжения между исследуемой поверхностью и зондом (кремниевым или вольфрамовым), находящимся от нее на расстоянии от 2 до 20 нм. Она складывается из силы поверхностного натяжения воды, конденсирующейся в зазоре между острием и образцом, и слабыми силами Ван-дер-Ваальса. Притягивающая сила очень мала – в 1000 раз меньше, чем межатомное отталкивание в атомно-силовых микроскопах. При перемещении острие вибрирует с частотой, близкой к резонансной. Лазерно-силовой микроскоп регистрирует силу межатомного взаимодействия по ее воздействию на динамику вибрирующего зонда.

Изменение амплитуды измеряется с помощью сенсорного устройства на базе лазера. Для этого используется другой, уже знакомый нам принцип микроскопии – интерферометрия. Лазерный луч расщепляется на два: луч сравнения, который отражается от стационарного зеркала или призмы, и зондирующий луч, который отражается от обратной стороны острия. Два луча складываются и интерферируют, порождая сигнал, фаза которого чувствительна к изменению длины пути, пройденного зондирующим лучом. Таким образом, интерферометр измеряет амплитуду вибрации кончика острия амплитудой до 10^{-5} нм. Рассмотренный принцип позволяет лазерно-силовому микроскопу регистрировать малые неровности рельефа величиной до 5 нм (до 25 атомных слоев).

Отметим также, что оптическая регистрация движения острия обеспечивает более надежное измерение зазора, чем обратная связь по туннельному току, и более мягкое (в то же время плотное) прикосновение острия.

В результате этих усовершенствований в настоящее время с помощью АСМ ученые начали достаточно эффективно исследовать различные биологические объекты, например вирусы, гены (особенно молекулы ДНК) и другие макромолекулы в рамках нового, но интенсивно развивающегося и перспективного научного направления – биомолекулярной нанотехнологии. Исследователям удалось даже зарегистрировать молекулярный процесс в его развитии – полимеризацию белка фибрина, основного компонента свернувшейся крови.

В электростатическом силовом микроскопе вибрирующий зонд имеет электрический заряд, а амплитуда его вибраций зависит от электростатических сил, возникающих в результате взаимодействия с зарядами на поверхности образца. С помощью такого микроскопа можно выявлять картину электрофизических свойств различных материалов – концентрацию и распределение легирующих элементов в полупроводниках (например, в кремнии), применяемых для изменения соотношения между концентрациями подвижных отрицательных и положительных носителей заряда.

Вопросы для самоконтроля

1. Недостатки атомного силового микроскопа.
2. Принцип работы ближнепольного оптического лазерного силового микроскопа.
3. Область применения ближнепольного оптического лазерного силового микроскопа.
4. Принцип работы электростатического силового микроскопа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии. Учебное пособие. Под общей редакцией академика РАСХН. Ерохина М.Н. / М., Росинформагротех, 2008 – 300 с.
2. **Сафонов, В. В.** Применение наноразмерных материалов при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2006. – 97 с. – ISBN 5-7011-0489-3.
3. **Сафонов, В. В.** Нанокпозиционные гальванические покрытия. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2008. – 128 с. – ISBN 978-5-7011-0581-0.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.

Лекция 9

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ. НАНОТРУБКИ КАК САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ ВИД ВЕЩЕСТВ

Первым и самым главным свойством наночастиц, несомненно, является их геометрический размер – протяженностью не более 100 нм хотя бы в одном измерении. Начиная с таких размеров, может наблюдаться качественное изменение свойств частиц по сравнению с макрочастицами того же самого вещества. Например, тонкая нанонить – паутина способна надежно удерживать огромных по сравнению с ее линейными размерами насекомых.

Именно размерными эффектами (и происходящими из этого развитыми поверхностными и энергетическими качествами) определяются многие другие уникальные свойства наночастиц и наноматериалов. Для различных характеристик (механических, электрических, магнитных, химических, квантовых и др.) критический размер может быть различным, как и характер их изменений (равномерный или неравномерный). Например, электропроводность, область прозрачности, магнетизм и некоторые другие свойства начинают зависеть от размера частицы при уменьшении кристалла вещества до размеров 10...20 нм и менее.

Среди характеристик размерных эффектов в наномасштабных объектах наряду с очевидными факторами имеются и те, которые требуют дополнительного объяснения. Так, доля атомов, находящихся в поверхностном слое (толщиной приблизительно 1 нм), естественно, растет с уменьшением размера частиц вещества. Также известно, что поверхностные атомы обладают свойствами, отличающимися от «внутренних», поскольку они связаны с соседями по-другому, чем в внутри вещества. В результате на поверхности велика вероятность протекания процессов атомной реконструкции и возникновения других структур расположения атомов и их свойств.

С учетом абсолютных размеров наночастиц с определенными допущениями можно считать, что фактически вся наночастица представляет собой вещество, близкое по свойствам к этой межфазной границе. Например, нанотрубки имеют аномально высокую удельную поверхность, поскольку вся масса сосредоточена в поверхностном слое. Кроме того, расстояние (0,335 нм) между графитовыми слоями в многослойных системах оказывается достаточным, чтобы некоторые вещества в атомарном виде (например, молекулы водорода H_2) могли заполнять их межстенное пространство. Данное пространство (в совокупности с внутренними каналами и даже внешней поверхностью) образует уникальную емкость для хранения газообразных, жидких и даже твердых веществ.

Наполнение внутренней поверхности нанотрубок происходит в результате капиллярных явлений. Впервые капиллярные эффекты в нанотрубках были обнаружены при эксперименте, в котором фуллереновая дуга, предназначенная для синтеза нанотрубок, зажигалась между электродами диаметром 0,8 см и длиной 15 см при напряжении 30 В и токе 180–200 А. Образующийся на поверхности катода в результате термического разрушения поверхности графитового анода слой материала высотой 3–4 см извлекался из камеры и выдерживался в течение 5 часов при температуре 850 °С в потоке углекислого газа. Эта операция, в результате которой образец потерял около 10 % массы, способствовала очистке образца от частиц аморфного графита и открытию нанотрубок, находящихся в осадке. Центральная часть осадка, содержащего нанотрубки, помещалась в этанол и обрабатывалась

ультразвуком. Диспергированный в хлороформе продукт окисления наносился на углеродную ленту с отверстиями для наблюдения с помощью электронного микроскопа. Как показали наблюдения, трубки, не подвергавшиеся обработке, имели бесшовную структуру, головки правильной формы и диаметр от 0,8 до 10 нм. В результате окисления около 10 % нанотрубок оказались с поврежденными вершинами, а часть слоев вблизи их также была содрана. Предназначенный для наблюдений образец, содержащий нанотрубки, заполнялся в вакууме каплями расплавленного свинца, которые получали в результате облучения металлической поверхности электронным пучком. При этом на внешней поверхности нанотрубок наблюдались капельки свинца размером от 1 до 15 нм. Нанотрубки отжигались в воздухе при температуре 400 °С (выше температуры плавления свинца) в течение 30 мин. Как показывают результаты наблюдений, выполненных с помощью электронного микроскопа, часть нанотрубок после отжига оказалась заполненной твердым материалом. Аналогичный эффект заполнения нанотрубок наблюдался при облучении головок трубок, открывающихся в результате отжига, мощным электронным пучком. При достаточно сильном облучении материал вблизи открытого конца трубки плавился и проникал внутрь. Наличие свинца внутри трубок установлено методами рентгеновской дифракции и электронной спектроскопии. Диаметр самого тонкого образовавшегося свинцового провода составлял 1,5 нм.

Таким образом, с одной стороны, трубки рассматриваются как сосуд, в котором можно хранить вещества, не пользуясь «обычными» емкостями с толстыми стенками или оболочками для хранения агрессивных сред. С другой стороны, хранящиеся в них элементы модифицируют свойства самих трубок, позволяя создавать разнообразные гетероструктуры на их основе.

Вопросы для самоконтроля

1. Свойства наночастиц.
2. Размерные эффекты наночастиц.
3. Механизм наполнения внутренних поверхностей нанотрубок.
4. Свойства нанотрубок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии. Учебное пособие. Под общей редакцией академика РАСХН. Ерохина М.Н. / М., Росинформгротех, 2008 – 300 с.
2. **Сафонов, В. В.** Применение наноразмерных материалов при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2006. – 97 с. – ISBN 5-7011-0489-3.
3. **Сафонов, В. В.** Нанокпозиционные гальванические покрытия. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2008. – 128 с. – ISBN 978-5-7011-0581-0.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

Лекция 10

УПРАВЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТЬЮ ПРИ РЕМОНТЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ. ИСПЫТАНИЯ ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ МАШИН НА НАДЕЖНОСТЬ

Управление надежностью машин осуществляется на каждой стадии их жизненного цикла. При этом, если на стадии проектирования оценка достигнутого уровня надежности осуществляется с использованием математических моделей, то после изготовления опытной партии или опытных образцов машины проводятся их испытания на соответствие заданным требованиям, собирается и обрабатывается информация о надежности, в результате чего получают оценки показателей ее надежности. Эти оценки сравнивают со значениями заданных показателей и, при необходимости, вырабатывают управляющие воздействия.

Значит ли это, что испытания на надежность, равно как и испытания для определения других показателей качества ранее не проводятся? Отнюдь нет! В рамках опытно-конструкторских работ при эскизном проектировании широко проводится макетирование, как отдельных подсистем, так и машины в целом, а при разработке технического проекта и рабочей конструкторской документации изготавливаются опытные узлы и детали, которые подвергаются испытаниям и доводке до требуемого уровня. Данные, полученные в результате этих испытаний, используются для «калибровки» математических моделей, по которым в процессе разработки машины, вычисляют расчетные значения показателей ее надежности.

Назначение и классификация испытаний на надежность

Соотношение экспериментальных исследований и испытаний с испытаниями на надежность

Любая техническая система в течение жизненного цикла проходит три стадии: проектирования, изготовления и эксплуатации. При этом в эксплуатацию должны поступать системы с показателями качества, установленными в техническом задании. Как определяют их значения на стадии изготовления? Очевидно, что основным источником получения численных значений этих показателей являются экспериментальные исследования и испытания опытных и серийных машин. Качество сельскохозяйственных машин принято характеризовать десятью группами показателей: показателями назначения; надежности; технологичности; транспортабельности; стандартизации и унификации; безопасности; эргономичности; экологичности; эстетичности и патентно-правовыми.

Зададимся вопросом - проводятся ли отдельно испытания на надежность или оценка ее показателей осуществляется в составе других испытаний? Ответ неоднозначен - и да и нет.

Проведем декомпозицию надежности на ее составляющие – безотказность, долговечность, сохраняемость и ремонтпригодность. В соответствии с установившейся практикой специальные испытания на безотказность для сложных и дорогостоящих машин (например, для тракторов с/х назначения, как правило, не проводятся. Следовательно, определение (контроль) показателей безотказности совмещаются с экспериментальным определением других показателей качества машины - мощности, производительности, расхода топлива и масла на угар, грузоподъемности навесной системы, скорости движения при тяговых испытаниях, проходимости и т.п. Данные о соответствии этих характеристик качества требуемым значениям в заданных условиях эксплуатации в течение установленной наработки

используются для определения (контроля) безотказности.

Вместе с тем для комплектующих элементов – несложных узлов и приборов, выпускаемых в массовом производстве (подшипники качения, электродвигатели, насосы и т.п.) организуются и проводятся специальные испытания на безотказность.

Определение показателей других свойств надежности сложных технических систем (долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости) проводятся, как правило, в рамках специальных самостоятельных испытаний. При этом параллельно со сбором информации об этих свойствах осуществляется сбор статистических данных также о безотказности машины.

Общая классификация, цели и задачи испытаний на надежность

Наиболее общей целью испытаний на надежность является определение (контроль) достигнутого уровня этого свойства с целью управления им на разных стадиях жизненного цикла машины, хотя управляющие воздействия на каждой стадии имеют свои особенности. С целью их изучения дадим классификацию испытаний.

При этом объектами испытаний являются: опытные, серийные, отремонтированные и модернизированные (агрегаты, машины, узлы, комплектующие элементы).

Испытания с/х техники на надежность проводят:

- научно-исследовательские учреждения-разработчики;
- специализированные машинно-испытательные станции, расположенные в различных почвенно-климатических зонах России;
- заводы-изготовители и ремонтные предприятия.

В зависимости от назначения испытания могут быть исследовательскими и контрольными.

В ходе исследовательских (определяющих) испытаний оценивают альтернативные конструктивные решения, а также влияние различных факторов (условий работы, материалов, режимов работы, смазок, технологий изготовления и т.д.) на процессы изнашивания, трения, прочностные характеристики, интенсивность отказов или ресурс изделия.

Контрольные испытания проводят для подтверждения стабильности заявленных показателей надежности.

При создании новых машин доводочные испытания проводят для отработки конструкции и доведения показателей надежности до нормативного уровня. Создание новых или модернизированных образцов завершается предварительными испытаниями для оценки соответствия показателей технического уровня заданным требованиям. Решение о постановке на производство созданной машины принимают по результатам приемочных испытаний, проводимых машинно-испытательными станциями. Показатели качества и технического уровня, полученные в ходе испытаний, сравнивают с результатами испытаний машины-аналога, агротехническими требованиями и показателями, заявленными заводом-изготовителем.

Изготовленную или отремонтированную технику передают заказчику по результатам приемо-сдаточных испытаний. Периодические испытания проводят для контроля стабильности качества производимой продукции через установленные промежутки времени. Контрольные периодические испытания изделий установочной серии (первого или второго года производства) считают как квалификационные испытания. Они необходимы для определения готовности предприятий к серийному производству на основе отработанного производственного процесса. Сертификат качества выдают специально аккредитованные испытательные лаборатории после сертификационных испытаний.

Типовые испытания проводятся с целью оценки эффективности и целесообразности вносимых изменений в конструкцию и технологический процесс.

Испытания на надежность проводят в лабораторных условиях на специальных стендах, полигонах или при эксплуатации. В зависимости от продолжительности и нагрузочных режимов они делятся на нормальные и ускоренные.

Нормальные испытания- испытания, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимой информации в такой же срок, как и в предусмотренных условиях и режимах эксплуатации.

Ускоренные испытания- испытания, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимой информации о свойствах объекта в более короткий срок чем при нормальных испытаниях.

Форсированные испытания - это ускоренные испытания, основанные на интенсификации деградационных процессов, приводящих к отказу.

Сокращенные испытания- испытания, проводимые по сокращенной программе.

Уплотненные по времени – испытания проводятся в течение более короткого календарного периода, например, непрерывно (круглосуточно).

Вопросы для самоконтроля

1. Понятие управление надежностью машин.
2. Соотношение экспериментальных исследований и испытаний с испытаниями на надежность.
3. Общая классификация испытаний на надежность.
4. Цели и задачи испытаний на надежность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Пучин, Е.А.** Технология ремонта машин: учебник для студентов вузов обуч. по спец. 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.Л. Очковский [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с. – ISBN 978-5-9532-0456-9.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.
3. **Варнаков, В.В.** Организация и технология технического сервиса машин [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по направлению 110300 «Агроинженерия» / В. В. Варнаков, В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М.: КолосС, 2007. – 277 с.: ил. ; 21 см. – (Учебники и ученые пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 273. – 1000 экз. – ISBN 978-5-9532-0486-6.

Лекция 11

УПРАВЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТЬЮ ПРИ РЕМОНТЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАНА ИСПЫТАНИЙ

Планирование испытаний

Программа испытаний разрабатывается на основе технического задания и конструкторской документации, а также опыта разработки, испытаний и эксплуатации машин-аналогов в соответствии с требованиями стандартов.

Она содержит (включает) следующие разделы:

I. Объект испытаний- в котором указывают:

- наименование, число объектов и порядок их отбора, комплектность и наработку объектов до начала испытаний;

- перечень составных частей, замена которых предусмотрена при испытаниях;

II. Цель испытаний – указываются конкретные цели и задачи, которые должны быть достигнуты и решены в процессе испытаний на надежность;

III. Общие положения, где указываются:

-перечень документов, на основании которых проводят испытания;

-место и продолжительность испытаний;

-организации, участвующие в испытаниях;

IV. Объем испытаний:

-перечень испытаний и проверок;

-виды испытаний для контроля каждого показателя, последовательность их проведения и режимы испытаний;

-первичная техническая экспертиза (комплектность, заправка ГСМ, отсутствие течи и т.п.);

-опробование работы двигателя на холостом ходу;

-опробование трактора на холостом ходу;

-обкатка двигателя;

-тормозные испытания - определяются показатели работы трактора при нагружении двигателя с помощью тормозного устройства;

-определение пусковых качеств двигателя;

-испытание гидросистемы навесного устройства и системы отбора мощности;

-тяговые испытания (тяговые усилия, мощности, КПД, скорости движения);

-оценка проходимости трактора (вдоль склона, угол подъема и спуска, глубина брода);

-эксплуатационные технические испытания (производительность, удельный расход топлива и т.п.);

-оценка условий труда и безопасности;

-испытания на надежность;

-оценка показателей стандартизации, экономичности, эффективности;

-исходные данные для планирования испытаний каждого вида или план испытаний на надежность;

-перечень и критерии отказов объектов, учитываемых при испытаниях;

-перечень видов и операций ТО и Р;

-перечень работ, проводимых после завершения испытаний;

-осмотр (без разборки или с разборкой) и описание состояния испытываемых объектов;

-фотографирование (при необходимости) объектов, их узлов, деталей, мест коррозии, а также повреждений и поломок;

V. Условия и порядок проведения испытаний – где указывается:

- характеристика места испытания;
- время года и суток;
- температура и влажность окружающей среды и допускаемые их отклонения от заданных;
- скорость ветра, запыленность;
- вибрации и т.п.;
- требования к ТО и Р объектов в процессе испытаний, периодичность и место проведения;
- перечень технологического оснащения, используемого при испытаниях;
- меры безопасности при испытаниях;
- порядок привлечения экспертов для исследования отказов;
- требования к квалификации, опыту и численности персонала, участвующих в испытаниях;

VI. Материально-техническое обеспечение – указывают конкретные его виды с распределением задач и обязанностей организаций, участвующих в испытаниях.

VII. Отчетность - указывается перечень отчетных документов, которые оформляются в процессе испытаний и по их завершению, сроки их оформления и рассылки.

Основным документом, где фиксируются конечные результаты испытаний, является протокол (акт), в котором, кроме формальных, но обязательных сведений (наименование объекта, предприятия, числа испытанных объектов и т.п.) также указываются:

- перечень отказов и повреждений;
- выявленные причины отказов (с указанием методов анализа) и не технологичность при ТО и Р;
- выводы о правильности и достаточности перечня критериев отказов;
- рекомендации по доработке объектов с целью повышения или достижения заданного уровня надежности.

Рабочая программа - методика испытаний также разрабатывается на основе технического задания, конструкторской документации, опыта разработки, испытаний и эксплуатации аналогов.

Планы испытаний на надежность и их характеристика

Одним из основных вопросов при планировании испытаний (при разработке программ и методик испытаний) является выбор плана испытаний, в рамках которого устанавливается:

- число испытываемых объектов;
- порядок действий с отказавшими объектами;
- продолжительность испытаний и критерий их прекращения;
- число ступеней контроля (одноступенчатый или последовательный).

Для оценки (контроля) показателей надежности установлено 17 планов испытаний, имеющих следующие обозначения (разделим их на 4 группы):

I.

$$[NUN], [NUR], [NUT], [NU(r, T)]$$

$$[NU(r_1, n_1) \dots (r_{k-1}, n_{k-1}) r_k],$$

$$[NU(T_1, n_1) \dots (T_{k-1}, n_{k-1}) T_k],$$

$$[NUz]$$

II.

$$[NRr], [NRT], [NR(r, T)]$$

III.

$$[NMr], [NMT], [NMT_{\Sigma}], [NM(r, T_{\Sigma})]$$

IV.

$$[NUS], [NRS], [NMS]$$

Раскроем введенные обозначения:

1-я буква N устанавливает объем выборки (число объектов) предназначенных для испытания.

2-я буква устанавливает порядок действий с отказавшими объектами: U – планы испытаний, в которых отказавшие объекты не заменяются и не восстанавливаются;

R – отказавшие объекты заменяются новыми;

M – работоспособность объекта восстанавливается после каждого отказа.

3-я буква или их сочетание устанавливает продолжительность, критерий прекращения испытаний и число ступеней контроля:

N – испытания прекращаются после отказа всех N объектов.

r – испытания прекращаются после отказа r < N объектов.

T – испытания прекращаются по истечении времени (наработки) T каждым объектом

(r, T) испытания прекращаются после отказа r объектов или истечении времени (наработки) T каждым объектом, в зависимости от того, какое из этих событий наступит раньше.

$(r_1, n_1) \dots (r_{k-1}, n_{k-1}), r_k$ при отказе r_1 объектов снимают с испытаний n_1 рбтс, после отказа r_2 объектов снимают n_2 рбтс и т.д. испытания прекращают при возникновении r_k отказов.

$(T_1, n_1) \dots (T_{k-1}, n_{k-1}), T_k$ по истечении времени T_1 с испытаний снимают n_1 рбтс объектов (если число рбтс меньше n_1 испытания останавливают. и т.д.). Иначе испытания продолжают до тех пор, пока наработка объекта не достигнет значения T_k .

z – испытания прекращаются при наступлении для каждого объекта события $z_i = \min\{t_i, \tau_i\}$, где t_i – наработка до отказа i –того объекта; τ_i – наработка до снятия с испытаний i –го рбтс объекта.

Первые 14 планов являются одноступенчатыми, при которых одновременно испытывают все отобранные N объектов. Решение принимается по фиксированным критериям (r или T или (r, T) или (r, T_Σ)) и т.п.

Одноступенчатым методом целесообразно пользоваться при жестком ограничении времени, отводимого на испытания. Вместе с тем, следует понимать, что после испытаний объект к эксплуатации, как правило, не пригоден.

Более экономичным планом испытаний является последовательный контроль S, применяющийся при ограниченном (по экономичным соображениям) числе

испытываемых объектов.

S-принятие решения при последовательных испытаниях, смысл которого сводится к следующему: по суммарному времени испытаний или наработке и числу отказов в любой момент принимают решение о прекращении испытаний с положительным или отрицательным результатом или их продолжении.

Вопросы для самоконтроля

1. Планирование испытаний на надежность.
2. Программа испытаний на надежность.
3. Планы испытаний на надежность.
4. Отчетная документация испытаний на надежность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Пучин, Е.А.** Технология ремонта машин: учебник для студентов вузов обуч. по спец. 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.Л. Очковский [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с. – ISBN 978-5-9532-0456-9.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.
3. **Варнаков, В.В.** Организация и технология технического сервиса машин [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по направлению 110300 «Агроинженерия» / В. В. Варнаков, В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М.: КолосС, 2007. – 277 с.: ил. ; 21 см. – (Учебники и ученые пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 273. – 1000 экз. – ISBN 978-5-9532-0486-6.

Лекция 12

УПРАВЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТЬЮ ПРИ РЕМОНТЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА

Своевременную и потому ценную информацию (с позиции назначения вида и объема РОВ) о состоянии объекта может дать прогнозирование вероятной наработки до отказа (ресурса) той или иной системы, подсистемы и т.д. Поэтому в рамках рассматриваемой задачи основной целью прогнозирования является получение необходимой информации для принятия целесообразных решений по назначению вида, сроков и объема РОВ исследуемых объектов, для обеспечения требуемой их надежности с меньшими затратами до очередного планового РОВ рассматриваемого вида.

Базовой идеей научного прогнозирования является принимаемое за аксиому материалистическое понимание действительности: всем происходящим в природе явлениям и процессам предшествуют причины, их вызывающие. Поэтому допустимо считать, что информация о предстоящих явлениях, процессах и событиях, присутствовала в прошлом и имеется в настоящем.

Исходя из этого сущность прогнозирования отказов заключается: в сборе информации о значениях параметров объекта в прошлые моменты времени; в выявлении зависимости этих значений от факторов, соответствующих течению времени (аппроксимация); в распространении этих зависимостей на будущие моменты времени и расчете значений параметров объекта на прогнозируемом интервале времени (экстраполяция); в оценивании времени выхода значения какого-либо параметра исследуемого объекта за допустимые пределы и тем самым прогнозировании наработки до отказа или ресурса.

Результаты прогнозирования оценки наработки до отказа (ресурса), а также определение агрегата, блока, узла, детали, в которых наиболее вероятно ожидается отказ, имеют большое практическое значение. Основная задача использования результатов прогнозирования заключается, как правило, в обосновании: времени проведения; вида; состава и содержания очередного РОВ, обеспечивающего требуемый уровень надежности объекта до следующего за ним РОВ того же уровня, что и рассматриваемое.

Для сокращения объема работ при прогнозировании из всех параметров выбирают лишь такие (или только такой один из них), которые наиболее полно отражают исследуемое свойство объекта (в данном случае безотказность или долговечность), отвечают принципу однозначности и поддаются объективному определению имеющимися средствами при обеспечении в то же время достаточной достоверности прогнозирования. Такие параметры называют прогнозирующими (ПП). В простых случаях в качестве единственного ПП может быть выбран такой, который в полной мере отражает как качество исправного функционирования объекта, так и потерю этого качества. Это, как правило, параметры, чувствительные к основным причинам отказов объекта, к увеличению или снижению его эффективности.

В качестве ПП могут быть использованы: выходной параметр системы; рабочий параметр наименее надежного элемента; обобщенный параметр, включающий набор частных показателей работоспособности, производительности, эффективности.

Для обоснования прогнозируемого времени наступления отказа объекта кроме определения состава ПП необходимо знать их предельные и допустимые значения. Допустимыми называют значения параметров, обеспечивающие работоспособность

объекта (элемента) от момента контроля до очередного одноименного планового РОВ. Определение допустимых значений параметров в значительной мере определяет частоту проведения РОВ и затраты на них. С увеличением допустимого значения возрастающего ПП увеличивается период проведения плановых РОВ и уменьшаются затраты на них. Однако, если увеличение допустимого значения ПП не сопровождается или не вызвано повышением надежности объекта, то оно приводит к повышению риска возникновения отказа, к росту вероятности невыполнения стоящих задач и увеличению расходов на неплановые РОВ. Поэтому, при обосновании допустимого значения ПП определяют величины и соотношения затрат на плановые и неплановые РОВ, а также степень риска невыполнения задач рассматриваемым объектом. В качестве допустимого значения ПП выбирают ту величину, при которой предполагается лучшее соотношение величины различного рода затрат, ущерба и риска невыполнения задач.

Если при прогнозировании используется допустимое значение ПП, то прогнозируют техническое состояние, а при использовании предельного значения ПП прогнозируют отказы или предельные состояния системы.

Вопросы для самоконтроля

1. Цель прогнозирования отказов.
2. Сущность прогнозирования отказов.
3. Основная задача использования результатов прогнозирования.
4. Прогнозирующие параметры.
5. Допустимые значения прогнозирующих параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Пучин, Е.А.** Технология ремонта машин: учебник для студентов вузов обуч. по спец. 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.Л. Очковский [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с. – ISBN 978-5-9532-0456-9.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.
3. **Варнаков, В.В.** Организация и технология технического сервиса машин [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по направлению 110300 «Агроинженерия» / В. В. Варнаков, В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М.: КолосС, 2007. – 277 с.: ил. ; 21 см. – (Учебники и ученые пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 273. – 1000 экз. – ISBN 978-5-9532-0486-6.

Лекция 13

ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МАШИН ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

При эксплуатации, машины и оборудование, неизбежно теряют – расходуют свое первоначальное качество. Это происходит под действием объективных и субъективных факторов. Обе группы факторов в форме различных видов энергии воздействуют на машину и вызывают в ней обратимые и необратимые процессы.

Обратимые процессы, такие как упругая и тепловая деформации деталей временно изменяют параметры системы в некоторых пределах, без прогрессирующего ухудшения.

Необратимые процессы – изнашивание, коррозия, усталость, перераспределение внутренних напряжений, коробление приводят к прогрессирующему ухудшению параметров деталей, изменению свойств материала, и повреждениям. Поэтому их называют процессами деградации и старения. В результате деградационных процессов выходные параметры машин снижаются и нарушается их работоспособность.

Рассмотрим факторы вызывающие повреждения и отказы машин.

1-группа объективные факторы – причины и обстоятельства, обусловленные влиянием окружающей среды и условиями эксплуатации. Поэтому эта группа разделяется на две подгруппы – прямые и косвенные факторы.

2-я группа субъективные факторы – причины и движущие силы, обусловленные действием человека в процессах проектирования, изготовления и эксплуатации изделия.

Очевидно, что воздействие климатических факторов на работоспособность машин и доминирование их не однозначно. Степень доминирования определяется назначением изделия, особенностями конструкции, мерами защиты и т.д. Существенное значение имеют продолжительность воздействия факторов, скорость их изменения, число воздействий.

Действие температуры

Температура является одним из наиболее активных факторов внешней среды. Особенно сильно на работоспособность влияют смены положительных и отрицательных температур.

Действие повышенной влажности

Влага вызывает коррозию металлов, а также изменение механических и электрических свойств диэлектриков.

Действие пониженного атмосферного давления

Пониженное давление характерно для высокогорных районов. При увеличении высоты над уровнем моря изменяются характеристики воздуха.

Действие солнечной радиации (инсоляции)

Длинноволновая часть солнечных лучей – инфракрасные лучи вызывают нагрев. В летнее время температура воздуха внутри корпусных деталей повышается на 30-50 °С.

Действие пыли и песка

Пыль и песок снижают поверхностное сопротивление изоляции (высокая гигроскопичность, адсорбция ионов из атмосферы, трение частиц – электризация), что ведет к пробоям между проводниками.

Биологические факторы

Грибковые микроорганизмы выделяют продукты обмена (метаболиты) – уксусная, лимонная, щавелевая кислоты, которые вызывают коррозию металлов и разложение диэлектриков, разрушение древесины, резины, кожи, картона.

Действие факторов обусловленных особенностями применения

Удары, вибрации, круговые и линейные перемещения возникающие от работы двигателя, разгонов и торможений, поворотов, преодоления неровностей вызывают механические перегрузки.

Удар – мгновенное приложение к изделию внешних сил в течение мили- и микросекунд.

Вибрация – продолжительные знакопеременные движения, возникающие в результате возвратно-поступательного или вращательного движения несбалансированных масс изделия.

Электризация – возникновение электрических зарядов на отдельных частях объекта, вследствие трения частиц пыли, снега, воды о корпус, и вследствие индуктивного наведения зарядов.

Проникающая радиация – приводит к химическим реакциям и молекулярным преобразованиям. В результате изменяются физико-механические и электромагнитные свойства материалов, особенно полимеров.

Временные факторы

Износ – это результат изнашивания, при котором вместе с удалением материала с поверхности происходит изменение свойств поверхностных слоев. В процессе изнашивания изменяются твердость, шероховатость, происходит окисление и адсорбция элементов. Вследствие износа изменяются размеры, форма и взаимное расположение деталей и как результат:

- изломы из-за снижения прочности детали и уменьшения ее сечения;
- потеря точности перемещения узла (износ направляющих);
- нарушение равномерности хода (заедание на отдельных участках).

Неравномерный износ ведет к изменению динамики машины.

Вопросы для самоконтроля

1. Обратимые и необратимые процессы при снижении надежности машин.
2. Объективные и субъективные факторы снижения надежности машин.
3. Действие факторов обусловленных особенностями применения.
4. Временные факторы снижения надежности машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Пучин, Е.А.** Технология ремонта машин: учебник для студентов вузов обуч. по спец. 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.Л. Очковский [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с. – ISBN 978-5-9532-0456-9.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.

2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.
3. **Варнаков, В.В.** Организация и технология технического сервиса машин [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по направлению 110300 «Агроинженерия» / В. В. Варнаков, В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М.: КолосС, 2007. – 277 с.: ил. ; 21 см. – (Учебники и ученые пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 273. – 1000 экз. – ISBN 978-5-9532-0486-6.

Лекция 14

МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗНОСОВ

Для управления процессом изнашивания требуется изучать влияние всех групп факторов на износ деталей машин.

Определение износа по изменению технических параметров (во время диагностики). Используются косвенные параметры:

- количество газов, прорывающихся в картер двигателя или давление газов в картере;
- расход масла на угар;
- давление газов в конце такта сжатия;
- величина свободного хода поршня по вертикали относительно шатуна;
- суммарный угловой зазор в зубчатых передачах;
- уровень шума и вибраций;
- спектр частот шума и вибраций и т.п.

Метод является интегральным и не позволяет судить об одной из сопрягаемых деталей. Чувствительность низкая, он связан с длительной эксплуатацией машин.

Весовой метод – также интегральный. Современные прецизионные весы позволяют определять взвешиваемую массу с высокой точностью 0,2 мг...1000мг в зависимости от массы детали. Точность снижается с ростом взвешиваемой массы. Применяется для небольших деталей (поршневых колец, втулок и др.).

Недостатки:

- требует разборки и тщательной очистки деталей;
- неприемлем, когда износ связан с деформацией;
- трудность определения износа пористых материалов.

Химический (калориметрический) анализ – заключается в отборе проб масла и его сжигании. Является интегральным. Он позволяет определить содержание металлических продуктов износа в масле. Высокочувствителен – определяется содержание железа 5...100 частей масла на 1 млн. частей масла, не требует разборки узла.

Недостатки:

- сложность и длительность проведения анализа;
- не гарантирует включения в состав проб всех продуктов износа (часть из них оседают на стенках картеров, трубопроводов, на магнитных ловушках, а значит результаты искажаются).

Спектральный анализ – заключается в сжигании пробы масла в электрической дуге между графитовыми электродами. Возникающее излучение после обработки оптическим или электронным устройством дает информацию о присутствии в пробе масла элементов износа и др. примесей. Чувствительность – 10^{-6} ... 10^{-8} г. металлических примесей на 1 г. масла.

Недостатки:

- сложность и длительность проведения анализа проб;
- не гарантирует включения в состав проб всех продуктов износа (часть из них оседают на стенках картеров, трубопроводов, на магнитных ловушках, а значит результаты искажаются);
- требует высокой квалификации.

Микрометрирование – основано на измерении микрометром или др. измерительным инструментом (прибором) одних и тех же размеров до и после испытаний на изнашивание.

Недостатки:

- значительные погрешности, вызываемые не только износом но и деформациями, непостоянство усилий прижатия губок к детали, изменения температуры детали и инструмента;

- требуется разборка узла и тщательная очистка детали.

Профилографирование – износ определяется с помощью профилографов различных типов (ММК-1, калибр ВЭИ, модель 201, ИЗП-5 и др.). Для этого выбирают постоянную базу, которой служит не изнашиваемая поверхность.

Профилографирование целесообразно применять для небольших деталей, имеющих неравномерный износ. Точность профилографов- профилометров завода «Калибр» 1 мкм.

Недостатки:

- необходимость наличия базы для относительных измерений;

- требуется разборка узла;

- ограниченность номенклатуры деталей из-за формы, размеров и расположения исследуемой поверхности.

Метод искусственных баз – состоит в том, что на рабочую поверхность наносят углубления определенной формы и по уменьшению его размеров при испытаниях судят о величине износа. Система таких углублений позволяет оценить распределение износа по рабочей поверхности. Углубления наносят:

- способом вырезания лунок;

- способом отпечатков

Недостатки:

-невозможность применения способа для грубо обработанных поверхностей и определения малого износа (меньше 1 мкм);

- при нанесении лунки нужно следить, чтобы средняя линия дна лунки имела min отклонения от действительной формы средней линии описываемой резцом.

Метод поверхностной активации – основан на создании радиоактивного поверхностного слоя глубиной 0,05...0,5 мм в заданном участке поверхности детали посредством облучения его ускоренными заряженными частицами – протонами, α – частицами, нейтронами, ускоренными до энергии 10...20 МэВ.

Одновременно с деталями активируют образцы, которые используют для построения тарировочных графиков зависимости изменения радиоактивности

поверхности от глубины изношенного слоя $\frac{N}{N_0} = f(\Delta l)$, где N_0 – начальная скорость

счета импульсов; N – скорость счета импульсов поверхностного слоя толщиной Δl .

Тарировочный график строят по результатам лабораторных испытаний активированных образцов, а затем используют для определения величины износа детали в процессе эксплуатации машины *по уменьшению радиоактивности поверхности*.

Радиоактивность измеряют серийной радиометрической аппаратурой.

Достоинства:

- чувствительность метода 1...2 мкм;

- активность поверхности детали после облучения не превышает $3,7 \cdot 10^{11}$ Бк, что позволяет использовать метод без спец. Защиты;

- быстрота измерений и анализа данных;
- возможность измерений без остановки и разборки машины;
- независимость свойств радиоактивных изотопов от температуры, давления, состояния поверхности и др. параметров;
- возможность автоматизации контроля.

Недостатки:

- необходимость использования сложного оборудования для регистрации изменения радиоактивности детали;
- сложность подготовки детали перед испытанием (облучение на ускорителе).

По этим причинам метод получил наибольшее распространение при лабораторных исследованиях.

Вопросы для самоконтроля

1. Определение износа по изменению технических параметров
2. Весовой метод
3. Химический (калориметрический) анализ
4. Спектральный анализ
5. Профилографирование

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Пучин, Е.А.** Технология ремонта машин: учебник для студентов вузов обуч. по спец. 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.Л. Очковский [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с. – ISBN 978-5-9532-0456-9.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.
3. **Варнаков, В.В.** Организация и технология технического сервиса машин [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по направлению 110300 «Агроинженерия» / В. В. Варнаков, В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М.: КолосС, 2007. – 277 с.: ил. ; 21 см. – (Учебники и ученые пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 273. – 1000 экз. – ISBN 978-5-9532-0486-6.

Лекция 15

КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

При рассмотрении влияния факторов конструктивного характера на ремонтпригодность машин необходимо учитывать, что конструктивные решения, принимаемые на этапе создания машины, определяют не только свойства ее конструкции, но и характер их проявления при изготовлении и эксплуатации. Влияние конструктивных особенностей машины при ее изготовлении проявляется преимущественно в величине затрат на обеспечение требуемых свойств в определенных организационно-технических условиях производства. Несколько иначе обстоит дело с проявлением конструктивных особенностей машины в процессе эксплуатации. Они, в первую очередь, проявляются в характере реакции конструкции на действующие нагрузки и внешние воздействия. Количественной мерой реакции конструкции машины на указанные воздействия является интенсивность изменения характеристик машины в процессе эксплуатации.

Следует отдавать предпочтение таким конструкциям машин, характеристики которых, в том числе характеристики безотказности, ремонтпригодности и долговечности изменяются с малой интенсивностью в процессе использования и при изменении режимов эксплуатации. Создание конструкции машины, которая бы вовсе не реагировала на изменение режимов ее работы, представляет большие трудности, а в ряде случаев экономически нецелесообразно. Однако можно требовать, чтобы влияние режимов работы машины на изменение ее характеристик не превышало определенных границ, установленных из технико-экономических соображений.

Другим направлением проявления конструктивных особенностей машины является реакция, «отзывчивость», ее конструкции на профилактические и восстановительные мероприятия в процессе эксплуатации. Характеристикой этого свойства конструкции машины являются затраты на ее обслуживание и ремонт, осуществляемые с целью поддержания и восстановления работоспособного состояния.

Конструктивные решения, принимаемые на этапе проектирования машины, определяют характер и объем работ, которые должны выполняться при различных видах технического обслуживания и ремонта при принятой периодичности или периодичность технического обслуживания и ремонтов для принятого характера и объема работ, осуществляемых с целью поддержания и восстановления работоспособности и ресурса машин.

На конструктивные особенности машины влияют также внешние факторы: климатические, т. е. влияние температуры, влажности, осадков, солнечной радиации; факторы внешней среды (ее химический состав, запыленность, биологические факторы и т. п.); эксплуатационные — квалификация обслуживающего машины персонала, техническая оснащенность работ при обслуживании и ремонте машин; нужный состав и количество запасных частей и материалов и т. п.

В большинстве случаев при разработке конструкции удовлетворение требований к ремонтпригодности и к другим свойствам машины удовлетворяются параллельно. Например, рациональное членение конструкции машины, обеспечение рационального уровня стандартизации и унификации конструктивных элементов, рациональное конструктивное оформление деталей и сборочных единиц машины - являются важным условием удовлетворения не только требований ремонтпригодности, но и других производственных и эксплуатационных свойств машины.

Сложный характер влияния конструктивных факторов на свойства машины и их взаимосвязь с другими факторами требует комплексного подхода к их рассмотрению и учету. При оценке влияния отдельных конструктивных факторов на свойства машины необходимо учитывать не только их влияние на ремонтпригодность, но и характер и направление воздействия на другие свойства конструкции.

Конструктивные факторы влияют на продолжительность неработоспособного состояния машин из-за проведения технического обслуживания и ремонтных работ, а также на величину связанных с этим затрат труда, материалов и денежных средств.

Конструктивные факторы могут быть разделены на следующие группы:

а) *в зависимости от возможности их количественной оценки:* факторы, которые могут быть измерены количественно и факторы, не поддающиеся количественному измерению – качественные факторы. Примеры последних – схемно-конструктивные решения, конструктивное оформление деталей и сборочных единиц. Надо, однако, указать, что используя методы экспертных оценок, можно каждый качественный фактор оценить числовой величиной, например количеством баллов, характеризующим его значимость;

б) *в зависимости от результатов влияния на характеристики ремонтпригодности:* факторы, результатом действия которых является преимущественно изменение затрат времени, труда и средств на техническое обслуживание и ремонт, и факторы, преимущественно влияющие на сроки службы конструктивных элементов и периодичность профилактических мероприятий. К последним факторам, например, относятся: материалы, применяемые для изготовления конструктивных элементов; термическая обработка деталей, изготовленных из сталей; упрочняющие технологические процессы; значения и вид нагрузок, действующих на несущие конструктивные элементы.

Вопросы для самоконтроля

1. Реакция конструкции машины на профилактические мероприятия.
2. Конструктивные решения принимаемы на этапе проектирования машины.
3. Группы конструктивных факторов.
4. Конструктивные факторы, влияющие на значения показателей ремонтпригодности.
5. Конструктивные факторы, влияющие на сроки службы элементов конструкции машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Пучин, Е.А.** Технология ремонта машин: учебник для студентов вузов обуч. по спец. 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.Л. Очковский [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с. – ISBN 978-5-9532-0456-9.

Дополнительная

1. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
2. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.

3. **Варнаков, В.В.** Организация и технология технического сервиса машин [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по направлению 110300 «Агроинженерия» / В. В. Варнаков, В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М.: КолосС, 2007. – 277 с.: ил. ; 21 см. – (Учебники и ученые пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 273. – 1000 экз. – ISBN 978-5-9532-0486-6.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Пучин, Е.А.** Технология ремонта машин: учебник для студентов вузов обуч. по спец. 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.Л. Очковский [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с. – ISBN 978-5-9532-0456-9.
2. **Малкин, В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: –М.: Академия, 2007.– 288 с. ISBN 978-5-7695-3191-0.
3. **Курчаткин, В.В.** Надежность и ремонт машин [Текст]: учебник для высш. учеб. заведений / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. ; 21 см. – Библиогр.: с. 772. – 5000 экз. – ISBN 5-10-003278-2.
4. **Варнаков, В.В.** Организация и технология технического сервиса машин [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов обучающихся по направлению 110300 «Агроинженерия» / В. В. Варнаков, В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М.: КолосС, 2007. – 277 с.: ил. ; 21 см. – (Учебники и ученые пособия для студентов высших учебных заведений). – Библиогр.: с. 273. – 1000 экз. – ISBN 978-5-9532-0486-6.
5. Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии. Учебное пособие. Под общей редакцией академика РАСХН. Ерохина М.Н. / М., Росинформагротех, 2008 – 300 с.
6. **Сафонов, В. В.** Применение наноразмерных материалов при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2006. – 97 с. – ISBN 5-7011-0489-3.
7. **Сафонов, В. В.** Нанокпозиционные гальванические покрытия. / В.В. Сафонов [и др.]. – Саратов, ФГОУ ВПО СГАУ, 2008. – 128 с. – ISBN 978-5-7011-0581-0.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | 3 |
| Лекция 1. Технический сервис и его роль в развитии агропромышленного комплекса | 4 |
| Лекция 2. Современные тенденции развития ремонтного производства..... | 6 |
| Лекция 3. Современные технологии восстановления деталей | 8 |
| Лекция 4. Современные ремонтно-восстановительные технологии с использованием наноматериалов | 10 |
| Лекция 5. Применение наноматериалов при создании присадок в смазочные среды... | 12 |
| Лекция 6. Применение наноматериалов при получении покрытий | 14 |
| Лекция 7. Методы исследования нанотехнологий. Методы сканирующей микроскопии | 17 |
| Лекция 8. Методы исследования нанотехнологий. Принцип работы ближнепольного лазерного микроскопа..... | 19 |
| Лекция 9. Методы исследования нанотехнологий. Нанотрубки как самостоятельный вид веществ..... | 21 |
| Лекция 10. Управление надежностью при ремонте и эксплуатации. Испытания отремонтированных машин на надежность..... | 23 |
| Лекция 11. Управление надежностью при ремонте и эксплуатации. Определение параметров плана испытаний..... | 26 |
| Лекция 12. Управление надежностью при ремонте и эксплуатации. Прогнозирование остаточного ресурса..... | 30 |
| Лекция 13. Причины снижения надежности машин при эксплуатации..... | 32 |
| Лекция 14. Методы количественного определения износов..... | 35 |
| Лекция 15. Конструктивные методы обеспечения надежности..... | 38 |
| Библиографический список | 40 |
| Содержание | 41 |