

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
ФГОУ ВПО "Челябинский государственный
агроинженерный университет"

Плаксин А.М.

Обеспечение работоспособности машин

Учебное пособие

Челябинск
2008

УДК 631.3.004

Плаксин А.М. Обеспечение работоспособности машин : Учебное пособие. Челябинск, 2008.

В учебном пособии изложены материалы по технической эксплуатации машин как науки и отрасли практической деятельности инженера-механика. Пособие предназначено для студентов инженерных специальностей, в функциональные обязанности которых будут входить задачи по обеспечению эксплуатационной надежности машин при использовании их по назначению.

Рецензенты

Охотников Б.Л. – профессор (УрГСХА)

Завора В.А. – профессор (АлтГАУ)

Печатается по решению редакционно-издательского
совета ЧГАУ

ISBN 978-5-88156-480-3

© ФГОУ ВПО "Челябинский государственный агроинженерный университет", 2008.

Введение

Машины, оборудование являются технической основой механизации производственных процессов. Цель их приобретения и использования по назначению – реализация потребительских свойств, под которыми понимается совокупность эксплуатационных свойств средств механизации, позволяющих выполнять определенные функции. Эффективность использования технических систем определяется уровнем экономии ресурсного потенциала производственных процессов на единицу полученной продукции.

Сокращение расхода ресурсов - финансовых, энергетических, материальных и трудовых - при производстве продукции является важнейшим условием получения прибыли. Но если первые три ресурса определяются экономическим уровнем развития производства, то трудовой ресурс, а тем более в перспективе, определяется демографическими проблемами в России.

Особенно актуальна проблема перехода на ресурсосберегающие технологии производства продукции в отраслях, где основными средствами механизации являются мобильные машины и агрегаты. Это сельское хозяйство, дорожное строительство, лесотехническая отрасль, транспортные перевозки. Именно здесь на мобильные машины и агрегаты действует множество природно-климатических факторов, определяющих во многом не только снижение уровня использования потенциальных параметров техники, но и интенсивное ухудшение показателей работоспособности машин.

Проблема обеспечения работоспособности мобильных машин и агрегатов всегда была, есть и остается одной из главных для инженерно-технической службы предприятий. Это обусловлено не только недостаточным уровнем заводской надежности автомобилей, тракторов, комбайнов и рабочих машин, но и жесткими условиями их эксплуатации.

В настоящее время технический парк предприятий на 70...90% амортизирован, инженерно-технические службы ослаблены и по количественно-качественному составу, материальной базе совершенно не соответствуют требованиям, критериям

ресурсосберегающего производства. Дефицит квалифицированного персонала (водителей, трактористов, комбайнеров, операторов установок) еще больше усугубляет проблему поддержания техники в работоспособном состоянии.

При условии роста экономики предприятий и страны в целом через 10-15 лет в рассматриваемых отраслях производства появятся обновленные средства механизации. Мобильные машины будут иметь повышенную единичную мощность (до 300...500 л.с.), в 1,5...2,0 раза возрастут рабочие скорости агрегатов, увеличится грузоподъемность транспортных средств. Одновременно с повышением энергетических, технико-экономических показателей машин возрастают их конструктивная сложность, требовательность к своевременности и качеству проведения ремонтно-обслуживающих воздействий, необходимых для поддержания и восстановления работоспособности машин. Это требование предопределено еще и тем, что каждый час простоя по техническим причинам высокопроизводительных машин будет в разы превышать потери от простоев существующих машин.

Таким образом, важнейшим показателем потребительских свойств машин, особенно мобильных, является их эксплуатационная надежность. Чем определяется ее уровень, от каких факторов зависит при эксплуатации машин, в какой взаимосвязи находятся их показатели работоспособности и безотказности с параметрами ремонтно-обслуживающих процессов – вот круг вопросов, который рассматривается в данном пособии. Ответы на них должен знать инженер, работающий в сфере эксплуатации машин.

Глава 1

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН

1.1. Общие положения

Для подтверждения важности значения терминологии в изучаемой области приведем слова известного немецкого лингвиста Гуго Шухарда, который говорил: «Неясность терминологии так же опасна, как туман для мореплавателя».

Нормативно-техническая литература раскрывает понятие «эксплуатация» так: «Стадия жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество». При этом под изделием понимается любой вид техники. Процесс эксплуатации включает в себя в общем случае использование по назначению, транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт.

Понятие «эксплуатация машин» подразумевает две составляющие: *использование по назначению и техническую эксплуатацию*. Первая составляющая реализует основные потребительские свойства машин; здесь уместно отметить, что транспортирование машин к месту работы и обратно следует рассматривать как вспомогательный процесс, без которого мобильные агрегаты (в связи с рассредоточенностью предмета труда – почвы, растений, материалов и др.) зачастую не могут выполнять основную работу. Техническая эксплуатация, как часть эксплуатации, включает в себя эксплуатационную обкатку, техническое обслуживание, хранение, обеспечение топливно-смазочными материалами, ремонт машин. То есть осуществление этих процессов реализует, поддерживает, восстанавливает и сохраняет работоспособность машин. Исходя из того, что термин «эксплуатация» применяется к такой продукции, которая при ее использовании по назначению расходует свой ресурс, то правильно перечисленные процессы называть не технической эксплуатацией, а *обеспечением работоспособности* машин. При этом осуществляется техническая эксплуатация средств обслуживания и ремонта, потребление материалов (ТСМ, запасных частей и др.).

Система эксплуатации – совокупность машин, средств эксплуатации, исполнителей, документации, устанавливающей правила и порядок их взаимодействия, необходимых и достаточных для выполнения поставленных задач.

Средства эксплуатации – здания, сооружения, технические устройства, в том числе инструмент, запасные части и эксплуатационные материалы, необходимые для эксплуатации машин.

Под *условиями эксплуатации* понимается совокупность факторов, действующих на машину при ее эксплуатации.

Нормальная эксплуатация – эксплуатация машин в соответствии с действующей нормативно-технической документацией. Это, как правило, бывает во время испытаний машин перед запуском их для серийного производства на заводах.

Использование машин на предприятиях в сложившихся условиях эксплуатации называется *рядовой эксплуатацией*. Исследованиями фактических показателей использования машин, агрегатов в сельском хозяйстве установлено, что технический потенциал машин используется с низкой эффективностью. Это в значительной степени обусловлено массовыми нарушениями режимов использования и технического обслуживания машин, качество которого не превышает в большинстве сельскохозяйственных предприятий 40-60% от нормативного уровня.

Качество – совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые обуславливают их способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением.

Эффективность использования машин в условиях реальной эксплуатации зависит от ряда факторов (рис. 1).

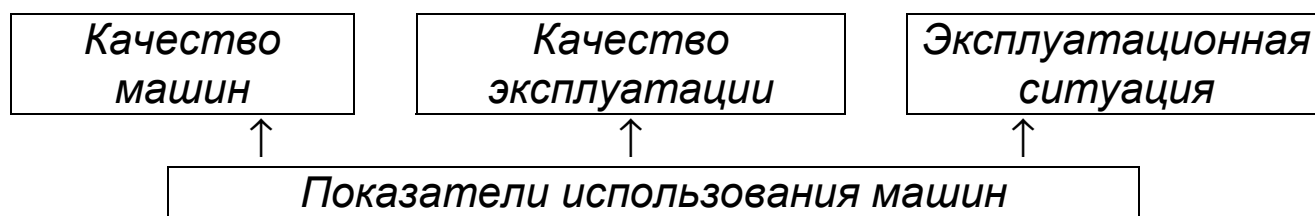


Рис.1. Факторы, определяющие эффективность использования машин

Эксплуатационная ситуация включает в себя обстоятельства, обуславливающие цели и режимы использования машин (у ма-

шин многофункционального назначения, например тракторов, бывает несколько вариантов использования в составе различных технологических агрегатов); условия внешней среды (температура, влажность, запыленность, вибрации и т.д.), режимы проведения ремонтно-обслуживающих воздействий и др.

1.2. Основные понятия надежности

Надежность (общая) – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

При оценке уровня надежности какой-либо машины и сравнении с прототипами всегда нужно рассматривать совокупность факторов, влияющих на показатели надежности.

Надежность машин, оборудования задается при конструировании, обеспечивается при изготовлении, поддерживается или восстанавливается при использовании по назначению. При конструировании в соответствии со знанием нагрузочных и скоростных режимов использования машин закладываются материал для изготовления составных частей и технология их изготовления: последовательность и режимы обработки деталей; допуск на точность их изготовления; качество обработки поверхностей, их упрочнения и др.

Только абсолютное соблюдение запроектированных требований и технологий изготовления деталей, составных частей, машин в целом предопределяет заданный уровень их надежности. И первое и второе в результате составляют совокупность факторов, от которых зависит уровень конструктивно-технологической (заводской) надежности машин.

При использовании машин по назначению уровень их надежности зависит от режимов и условий применения, соблюдения установленных нормативов при реализации ремонтно-обслуживающих воздействий (РОВ). Учитывая, что уровень заводской надежности большинства выпускаемых машин в стране по основным показателям в два-три раза ниже по сравнению с

лучшими однотипными машинами, выпускаемых ведущими мировыми фирмами, все же следует знать, что основными причинами недостаточной надежности машин в рядовой эксплуатации являются массовые нарушения режимов использования и обеспечения работоспособности машин.

Недостаточная надежность машин, оборудования приводит к огромным затратам на ремонт, потерям при простоях из-за технических неисправностей.

Надежность является сложным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения состоит из сочетания таких свойств, как безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость и долговечность. Важнейшим свойством для потребителей техники является *безотказность*, то есть свойство машин непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки. Именно от показателей этого свойства (наработка на отказ, количество отказов и др.) зависит уровень фактического использования потребительских свойств машины, заложенных при изготовлении. Именно это свойство машин при эксплуатации определяет во многом своевременность и качество выполнения технологических процессов, их технико-экономические показатели. Особенно важно свойство безотказности для машин, механизированных комплексов при их пиковом, сезонном использовании в сельском хозяйстве, дорожном строительстве и т.д. Именно в этих отраслях в напряженные циклы выполнения технологических процессов каждый час простоя машин из-за технических неисправностей предопределяет большие потери продукции.

Во взаимосвязи со свойством безотказности находится свойство *ремонтпригодности* машин, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонта. Основными показателями ремонтпригодности являются трудоемкость технических обслуживаний, ремонтов, продолжительность их проведения и др. Ремонтпригодность представляет собой совокупность технологичности при техническом обслуживании и ремонтной технологичности ма-

шин. Затраты времени и труда зависят от условий выполнения операций технического обслуживания и ремонта в части организации, технологии, материально-технического обеспечения, квалификации персонала и т.д.

Под эксплуатационной технологичностью (ЭТ) машин понимается совокупность свойств конструкции, определяющих ее приспособленность к операциям технологического регулирования, диагностирования, хранения и ремонта.

К основным свойствам конструкции машины, характеризующим ее эксплуатационную технологичность, относятся контролепригодность, доступность, стандартизация, унификация, легкосъемность, восстанавливаемость, сложность операций ТО и Р.

Контролепригодность характеризуется наличием на машине встроенных средств контроля технического состояния, оперативной и вспомогательной трудоемкостью измерения диагностических параметров, удобством присоединения приборов для измерения параметров.

Доступность характеризуется уровнем свободного доступа к составным частям, требующим проведения операций обслуживания и ремонта.

Стандартизация и унификация составных частей определяется уровнем применения стандартных и унифицированных деталей, стыковочных узлов, используемого инструмента и др., что позволяет использовать типовые процессы и оснастку при обслуживании и ремонте.

Восстанавливаемость определяется применением материалов и деталей, позволяющих восстанавливать составные части до номинальных значений их параметров технического состояния.

Сложность операций технического обслуживания и ремонта определяется потребностью в исполнителях высокой квалификации, специальном оборудовании.

Сохраняемость – это свойство машины сохранять номинальные значения параметров технического состояния в процессе хранения в нерабочий период на открытых площадках, под навесами, в помещениях. Она характеризуется количеством составных частей, требующих снятия с машин, необходимостью герметизации полостей и картеров, а также консервации.

В целом сохраняемость машин определяется их способностью противостоять отрицательному воздействию окружающей среды. Сохраняемость представляют в виде двух составляющих, одна из которых проявляется во время хранения, другая – во время применения машины после хранения или транспортирования.

Очевидно, что продолжительное хранение в необходимых условиях для многих машин может отрицательно влиять не только на их состояние во время хранения, но и при последующем применении. Вторая составляющая сохраняемости имеет особенно существенное значение, так как обуславливает полноту реализации потребительских свойств машины, возможность выполнять заданные функции.

Важным свойством, особенно интенсивно и длительно используемых, машин является *долговечность* – свойство сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Под предельным понимается такое состояние машины, при котором дальнейшая ее эксплуатация должна быть прекращена из-за неустранимого нарушения требований безотказности или неустранимого выхода заданных параметров за установленные пределы, или неустранимого снижения эффективности использования ниже допустимой. Основными показателями долговечности являются средний срок службы, средний ресурс до капитального ремонта или списания.

Надежность машин характеризуется основными *состояниями* и *событиями*. Состояния классифицируются по соответствию требованиям технической документации и способности машины выполнять заданные функции. В первом случае различают исправное и неисправное состояние, во втором – работоспособное и неработоспособное.

Исправность – состояние изделия, при котором оно удовлетворяет всем требованиям нормативно-технической и конструкторской документации. Неисправное состояние – это состояние изделия, при котором оно не соответствует хотя бы одному из требований.

Работоспособность – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих *способность выпол-*

нять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и конструкторской документации.

Таким образом, работоспособный объект может быть неисправным, например, если он не удовлетворяет эстетическим требованиям, хотя это не препятствует выполнению заданных функций.

Неисправным, но работоспособным объект становится, как правило, в результате *повреждения*, т.е. события, заключающегося в нарушении исправного состояния, не влияющем на выполнение заданных функций.

В неработоспособное состояние объект переходит в результате отказа, т.е. события, в результате которого значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической документации. Частным случаем неработоспособного состояния является предельное состояние, при котором дальнейшая эксплуатация объекта недопустима или экономически нецелесообразна либо восстановление работоспособности невозможно или нецелесообразно.

Рассмотренные выше понятия охватывают основные технические состояния машины. Каждое из них характеризуется совокупностью значений параметров, описывающих состояние машины, и качественных признаков, для которых не применяют количественной оценки. Номенклатуру этих параметров и признаков, а также пределы допустимых их изменений устанавливают в нормативно-технической и конструкторской документации на машину.

Переход машины из одного состояния в другое обычно происходит вследствие повреждения или отказа. Общая схема состояний и событий приведена на рис. 2.

Работоспособный объект в отличие от исправного должен удовлетворять лишь тем требованиям нормативно-технической документации, выполнение которых обеспечивает нормальное применение его по назначению, т.е. выполнение заданных функций. Очевидно, что работоспособный объект может быть неисправным, например, у трактора может не быть вала отбора мощ-

ности, но транспортных работах, бороновании он вполне качественно выполняет заданные функции.



Рис.2. Схема состояний и событий: 1 – повреждение; 2 – отказ; 3 – переход машины в предельное состояние из-за неустранимого нарушения требований безопасности, снижения эффективности эксплуатации, морального старения и других факторов; 4 – восстановление; 5 – ремонт

Переход объекта из исправного состояния в неисправное происходит вследствие дефектов (царапина, вмятина). Если объект переходит в неисправное, но работоспособное состояние, это событие называют повреждением, если объект переходит в неработоспособное состояние, событие называют отказом.

В сложных объектах возможно более подробное деление состояний и выделение промежуточных состояний с повышенным уровнем качества функционирования. Например, у дизеля машины имеются потери мощности больше допустимого значения, увеличен расход масла или топлива. Очень важно понимать, что у многофункциональных машин (работа трактора в составе различных технологических агрегатов) уровень их надежности, безотказности, в основном, может быть различен. Это обусловлено разной величиной потерь от снижения производительности, качества операций и др.

Отказы бывают *параметрическими*, при которых некоторые параметры технического состояния машин выходят за допустимые значения (например, снижение давления впрыска форсунок, мощности двигателя и др.), и *функциональными*, при которых выполнение своих функций какой-либо составной частью прекращается (например, поломка зубьев шестерни, закоксовывание распылителя форсунки и др.).

Причины отказов делятся на случайные и систематические (постепенные).

Случайные причины – это непредусмотренные перегрузки, дефекты материалов, ошибки эксплуатирующего и обслуживающего персонала. Примеры: поломка рессоры автомобиля, наезды на препятствия, раковины, разрыв гидравлического трубопровода, разрушение подшипников. Случайные факторы вызывают чаще всего отказы при действиях в неблагоприятных условиях.

Систематические причины – это закономерные явления, вызывающие постепенное накопление повреждений: влияние среды, времени, температуры, солнечной радиации вызывают коррозию, старение; нагрузки и работа трения вызывают усталость, износ; функциональные воздействия – засорение, залипание, утечки.

В соответствии с этими причинами и характером развития проявления отказы делят на *внезапные* и *постепенные по развитию* и *внезапные* (усталостные разрушения, короткие замыкания из-за старения изоляций) и *постепенные* (износ, старение, коррозия) *по проявлению*. Внезапные отказы вследствие своей неожиданности более опасны, чем постепенные. Постепенные отказы представляют собой выходы параметров за границы допуска в процессе эксплуатации или хранения машины.

По причинам возникновения отказы разделяют на *конструкционные*, вызванные недостатками конструкции, *технологические*, вызванные несовершенством или нарушением технологии изготовления, сборки на заводах, и *эксплуатационные*, вызванные длительной эксплуатацией машин, нарушением установленного режима использования и обслуживания.

Теория надежности делит отказы по сложности устранения их последствий на три группы: 1) простые, или отказы первой группы сложности (устраняемые операторами машин с использо-

ванием бортового комплекта инструментов и запасных частей); 2) сложные, или отказы второй группы сложности (устранение последствий которых требует вмешательства ремонтных служб и специального инструмента, оборудования); 3) полные, или отказы третьей группы сложности (для устранения требуется ремонт – текущий или капитальный – в стационарных условиях ремонтных мастерских).

Тракторы являются тяговыми или тягово-приводными энергетическими средствами, а непосредственно технологические операции выполняются рабочими машинами (сеялками, культиваторами и др.). Поэтому качество полевых операций определяется в основном уровнем технологической работоспособности машин и агрегатов в целом.

Технологическая работоспособность машин – это их свойство сохранять в заданных пределах и во времени значения показателей, определяющие качество осуществления технологического процесса, прежде всего – это полнота и точность выполнения агротехнологических требований (глубина обработки и посева, норма высева и распределение семян в почве, высота среза растений и др.).

Исходя из изложенного, правомерно подразделить операции обслуживания, направленные на установление, восстановление параметров технического состояния до нормативной величины, на операции обслуживания и ремонта, а процесс обеспечения нормативной величины параметров технологического состояния машин и агрегатов – считать технологическим обслуживанием. Этот процесс включает контроль технологического состояния машин, их технологическую настройку, регулировки при подготовке к использованию, дополнительные регулировочные операции при изменении условий эксплуатации. Особенно актуальным вопрос обеспечения технологической работоспособности становится при использовании комбинированных агрегатов, выполняющих одновременно несколько технологических операций за один проход. В этом случае несоответствие регулировок агротребованиям у одних рабочих органов машин обуславливает снижение качественных показателей других рабочих органов. Например, у комбинированного посевного комплекса при прямом вы-

сее плохо отрегулированные по глубине обработки культиваторные лапы предопределяют неравномерность заделки семян по глубине. Очевидно, что для таких сложных агрегатов технологическое обслуживание перед работой должно осуществляться на специальных стационарных площадках, оборудованных устройствами и инструментом для настройки машин.

1.3. Параметры технического состояния машин

К параметрам технического состояния относятся различные физические величины, характеризующие работоспособность и исправность машин, а также качественные признаки состояния.

Различают структурные и диагностические параметры.

Структурные параметры – износ, размер детали, натяг в сопряжении, физико-механические свойства материала, выходные и технические характеристики машины и ее составных частей, непосредственно влияющие на техническое состояние машин.

Диагностические параметры, используемые для определения технического состояния машин (температура, давление, шум, вибрация, степень герметичности, расход масла, параметры движения деталей, частота вращения и др.), в основном косвенно характеризуют структурные параметры машин. В тех случаях, когда структурный параметр определяется в процессе диагностирования прямым измерением, он одновременно выступает и как диагностический параметр (приложение 1).

Качественные признаки технического состояния, возникающие в результате изнашивания, деформации, разрушения или старения детали, материалов под влиянием условий эксплуатации, обычно проявляются в виде течи масла, охлаждающей и тормозной жидкости, определенного цвета отработавших газов, характерного шума, специфического запаха. Эти признаки не измеряют, их качественно оценивают с помощью органов чувств человека. Очевидно, что правильность оценки технического состояния машины, ее составных частей по качественным признакам в значительной мере зависит от опыта, уровня квалификации эксплуатирующего и обслуживающего персонала.

В процессе изменения технического состояния машины каждый параметр изменяется от номинального до предельного состояния.

Номинальное значение параметра Π^n – это наибольшее и наименьшее значение, которое может иметь работоспособная составная часть машины.

Допускаемое значение параметра Π^d характеризуется граничным его значением, при котором составную часть машины допускают после контроля к эксплуатации без операций технического обслуживания или ремонта. Это значение приводят в технической документации на обслуживание и ремонт машины (приложение 1).

Предельное значение параметра $\Pi^{пр}$ – это наибольшее или наименьшее значение, которое может иметь работоспособная составная часть машины.

Номинальные значения параметров, как правило, имеют машины, их составные части после изготовления (капитального ремонта) на заводах и качественной эксплуатационной обкатки у потребителя. Номинальную величину параметров поддерживают в процессе эксплуатации машин путем своевременного и качественного обслуживания или ремонта. Периодичность ремонтно-обслуживающих воздействий устанавливают на основе результатов исследований закономерностей изменения технического состояния машин в различных условиях эксплуатации. Значения допустимых и предельных величин параметров устанавливают исходя из различных критериев.

При работе машины величина параметра может увеличиваться (износ детали, расход топлива, зазоры в сопрягаемых деталях, и др.) или уменьшаться (падение мощности двигателя, давление в гидросистеме, компрессия в цилиндрах двигателя и др.).

Математически отклонение параметра технического состояния $U_1(t)$ обычно выражают степенной функцией:

$$U_1(t) = V_c \cdot t^\alpha + Z(t) + \Delta\Pi$$

или

$$U(t) = U_1 - \Delta\Pi = V_c t^\alpha + Z(t), \quad (1)$$

где V_c – случайная величина, характеризующая скорость изменения параметра под влиянием вариации конструктивно-

технологических факторов машины, ед. параметра/ед. наработки; t – наработка; α – показатель степени, зависящий от конструктивных особенностей составной части; $Z(t)$ – случайная величина в момент t , принимающая как положительное, так и отрицательное значение и характеризующая разность фактического отклонения параметра от плавной кривой $V_c \cdot t^\alpha$ под влиянием вариации условий эксплуатации, ед. параметра; $\Delta\Pi$ – показатель, характеризующий приработку составной части, численно равный значению функции при $t=0$, ед. параметра.

Отклонение структурного параметра состояния машины от номинального значения, в частности износ детали под действием конструктивно-технологических факторов, в постоянных условиях эксплуатации характеризуется плавной, монотонно возрастающей прямой, выпуклой или вогнутой кривой (рис. 3 а). Если взять не одну однотипную машину, а несколько (что и делают при испытаниях машины на надежность), то получим совокупность возрастающих кривых, отличающихся одна от другой скоростью изменения параметра. Такую совокупность кривых обычно получают в результате заводских (стендовых) испытаний машин, работающих на постоянном режиме.

Случайная скорость изменения параметра обусловлена неодинаковыми конструктивно-технологическими свойствами различных составных частей – технологическим рассеиванием значений твердости трущихся поверхностей, их шероховатостью, установочными зазорами и т.п.

Отклонение параметра состояния *под влиянием эксплуатационных факторов* происходит уже не по плавной, а по ломаной возрастающей кривой, причем резкое увеличение скорости изменения параметра в отдельные моменты наработки (времени) вызвано случайными неблагоприятными условиями (большие перегрузки, запыленность воздуха, неправильное регулирование сборочных единиц, недостаточная смазка и т.д.). С другой стороны, периодам малой скорости изменения параметра соответствуют случайные благоприятные условия работы (низкая загрузка двигателя по мощности, малое усилие на крюке, низкая изменчивость сопротивления орудий и т.д.) (рис. 3 б).

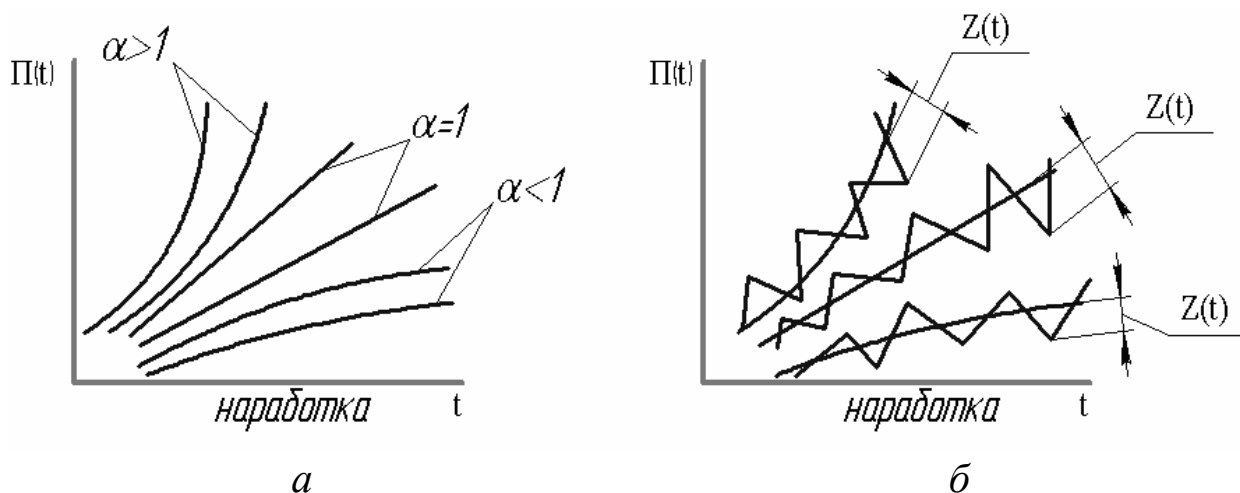


Рис.3. Характер отклонения параметра от номинальной величины

Важно отметить, что в зависимости от вариации эксплуатационных факторов, технического состояния машин (особенно мобильных) интенсивность изменения (ухудшение технического состояния) у однотипных машин, составных частей может отличаться в десятки и даже сотни раз.

1.4. Основные процессы при эксплуатации машин

Под производственным процессом понимается совокупность трех составляющих: предмета труда, средств труда и живого труда. В результате взаимодействия составляющих при реализации производственного процесса и при действии внешних факторов предмет труда переходит из одного качественного состояния в другое – промежуточное или конечное.

Главным, первичным является *процесс использования машин* по назначению, в результате чего реализуются ее потребительские свойства. Именно для этого предприятия приобретают машины как основное средство механизации производственных процессов с целью повышения производительности труда и в конечном итоге получения прибыли при продаже полученной продукции.

При использовании машин, особенно мобильных, под действием многочисленных факторов (рис. 4) происходит *изменение* (ухудшение) *их технического состояния* – второй процесс.

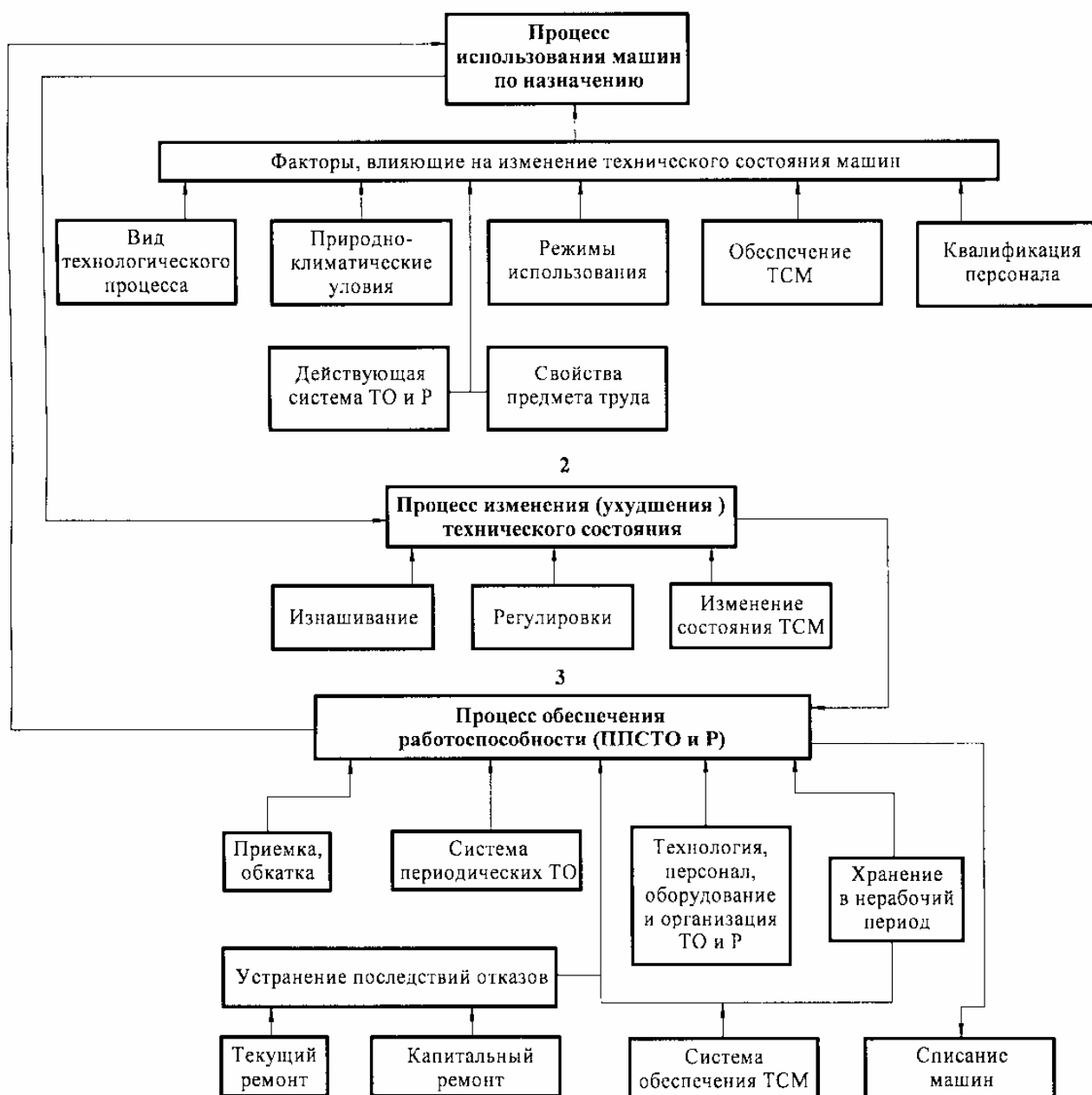


Рис.4. Процессы и их составляющие при эксплуатации машин

Знание влияния различных эксплуатационных факторов на изменение параметров технического состояния машин, основных причин ухудшения их состояния, интенсивности его изменения в зависимости от времени (наработки) позволяет обосновать и организовать процессы *обеспечения работоспособности* – третий вид процессов. В результате их реализации осуществляется поддержание или восстановление работоспособности машин. Но эти процессы являются вторичными, т.к. при обслуживании и ремонте машин потребитель вынужден расходовать ресурсы: финансовые, трудовые, материальные, энергетические. Очевидно, чем

больше расход ресурсов на обеспечение работоспособности машин, тем меньше прибыль от их использования. Но без затрат ресурсов на проведение ремонтно-обслуживающих воздействий машинам снизятся показатели их использования. Или же они вообще могут быть выведены из производственных процессов, что предопределяет недополучение продукции, снижение ее рентабельности.

Поэтому знание взаимосвязи показателей использования машин и параметров их технического состояния, показателей процессов обеспечения работоспособности машин позволяет создавать эффективные системы поддержания машин в работоспособном состоянии в течение всего срока службы.

1.5. Влияние условий эксплуатации на техническое состояние машин

Условия эксплуатации – это совокупность факторов, действующих на машину при ее использовании по назначению. Под нормальной эксплуатацией понимается работа машины в соответствии с нормативно-технической документацией, разработанной на заводе. Реальная эксплуатация машины обусловлена ее использованием в конкретных условиях.

На условия эксплуатации машин оказывают влияние внешние и внутренние факторы. К внешним факторам относятся: вид выполняемого машиной технологического процесса (пахота, боронование и др.); свойства предмета труда (физико-механические свойства почвы, грунта, растений, транспортируемых материалов и др.); природно-климатические условия; режимы использования машины (скоростные, нагрузочные); номенклатура и качество топливно-смазочных материалов; квалификация эксплуатирующего и обслуживающего персонала; действующая на предприятии система технического обслуживания и ремонта машин.

К внутренним факторам относятся конструктивно-технологические факторы деталей, составных частей и сборочных единиц машин. Эти факторы зависят от уровня проектирования и качества изготовления машины. Качество сборки и обкатки машин на заводах-изготовителях также не одинаково.

1.5.1. Влияние внешних факторов на техническое состояние машин

Машины, в частности тракторы, автомобили, дорожные машины, как правило, являются универсальными, т.е. способны выполнять при использовании с рабочими машинами различные технологические операции. Например, тракторы в сельском хозяйстве выполняют обработку почвы (отвальную и безотвальную, плоскорезную, боронование) в составе пахотных агрегатов, используются на транспортных работах. Различный состав агрегатов обуславливает в два-три раза и более отличающиеся по нагрузке режимы использования (рис. 5).

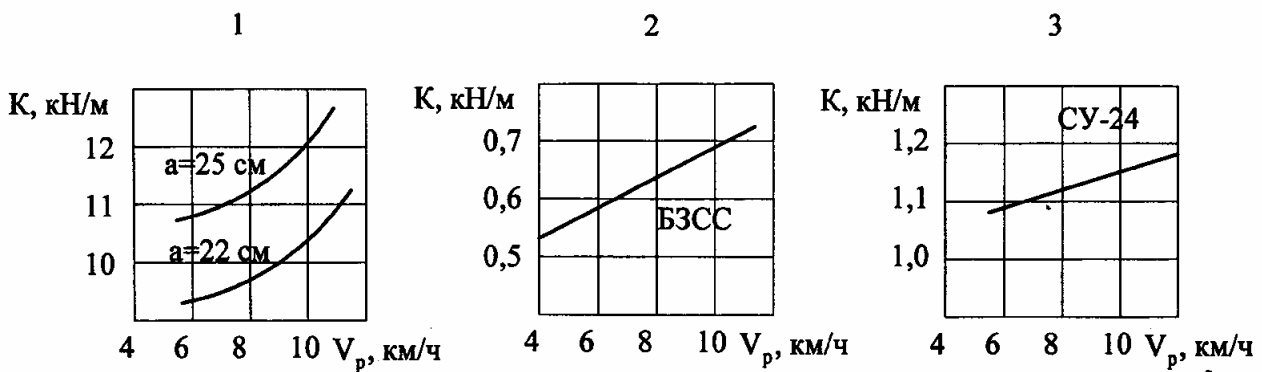


Рис. 5. Изменение удельного сопротивления машин K_m (усилия на крюке) в зависимости от вида технологической операции, рабочей скорости, конструкции: 1 - глубокое рыхление плоскорезом; 2 – боронование; 3 – культивация

Физико-механический состав почвы и растений также оказывает влияние на характер изменения технического состояния машин, особенно их рабочих органов. При повышении сопротивления обработке почвы (их удельное сопротивление находится в пределах $30...90$ кН/м², рис. 6), резанию, транспортированию растений обычно в 1,5...3,0 раза повышаются механические нагрузки на агрегаты машин: динамические, вибрационные, ударные, возрастает количество поломок деталей, повышаются тепловые нагрузки машин. Значительное содержание в почве и на поверхности растений абразивных частиц, минеральных и органических веществ резко увеличивает износ деталей ходовой системы и рабочих органов машин.

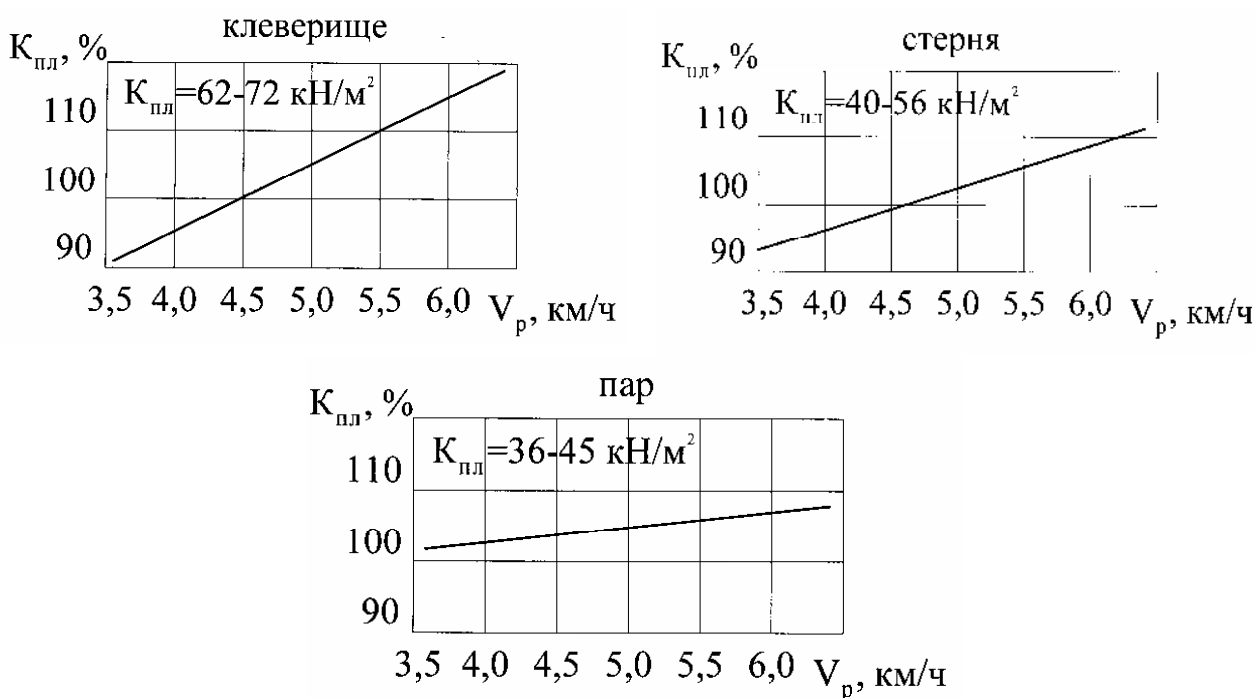


Рис.6. Изменение удельного сопротивления плуга (усилия на крюке) в зависимости от сопротивления почвы (агрофона) и рабочей скорости МТА

Анализ влияния почвенно-климатических условий на интенсивность изнашивания деталей СХМ показал, что в полевой период при выполнении одинакового объема работ износ деталей в хозяйствах степной зоны в 1,77 раза выше, чем в хозяйствах горно-лесной зоны (табл. 1).

Таблица 1
Взаимосвязь почвенно-климатических условий и интенсивности износа деталей СХМ

Зона	Относительная скорость изнашивания деталей		
	Весна	Лето	Осень
Степная	1,77	1,44	1,61
Лесостепная	1,38	1,22	1,34
Горно-лесная	1,0	1,0	1,0

Разнообразие почвенных условий России на пахоте характеризуется удельным сопротивлением почвы от 0,03 до 0,12 МПа. В связи с этим энергозатраты на пахоту изменяются от 29,4 до 88,3 кВт·ч/га, расход топлива – от 10 до 26 кг/га.

Еще в большем диапазоне изменяется урожайность зерновых культур: 1,0...6,0 т/га. Сменная производительность комбайна с

пропускной способностью молотильного аппарата 8...10 кг/с снижается при этом с 18 до 7 га, расход топлива возрастает с 4 до 9 кг/га.

Приведенные данные по условиям реализации технологических процессов машинами обуславливают различную интенсивность изменения технического состояния их составных частей.

Одним из показателей, характеризующих природные условия эксплуатации машин в сельском хозяйстве, является рельеф полей. Экспериментальные исследования изменения технического состояния составных частей при эксплуатации тракторов класса 30 кН в предгорной зоне Южно-Сибирского региона позволили установить закономерности износа двигателя, коробки перемены передач, заднего моста, а также деталей конечных передач (рис. 7–9, на рисунках G – количество железа в масле, г; Q – объем выполненной работы, у.э.га).

Интенсивность износа двигателей тракторов, работавших на крутых склонах, выше, чем у тех, которые работали на ровном месте. Длительность участка нормальной работы двигателя различна.

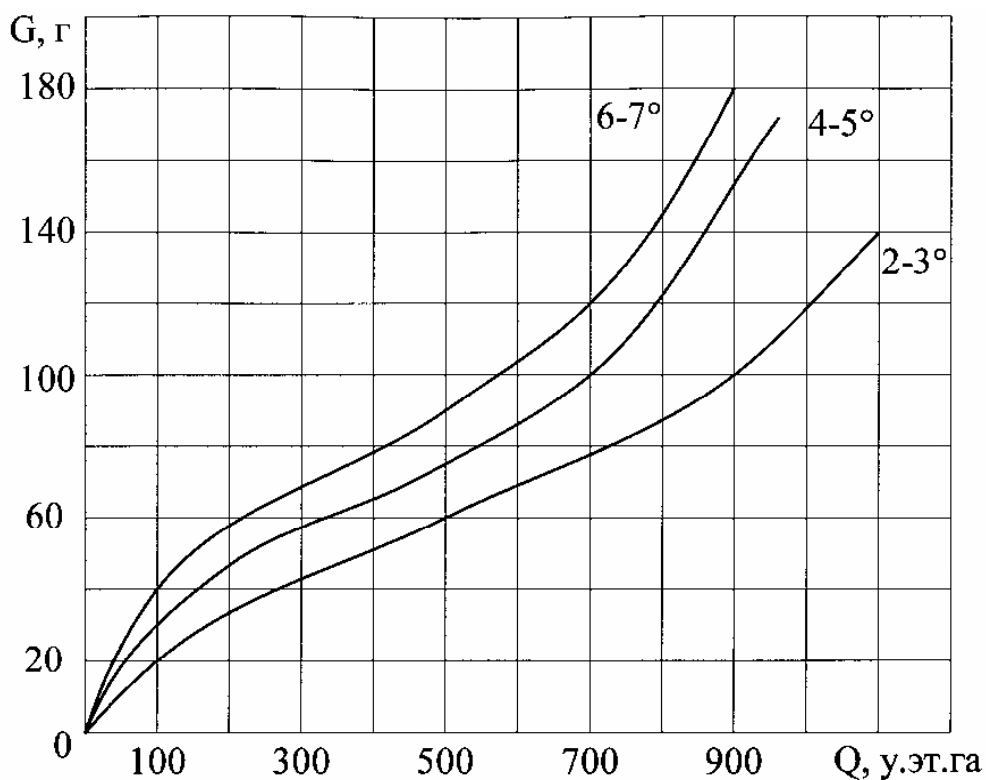


Рис.7. Износ двигателя в зависимости от объема выполненной работы и угла склонов полей

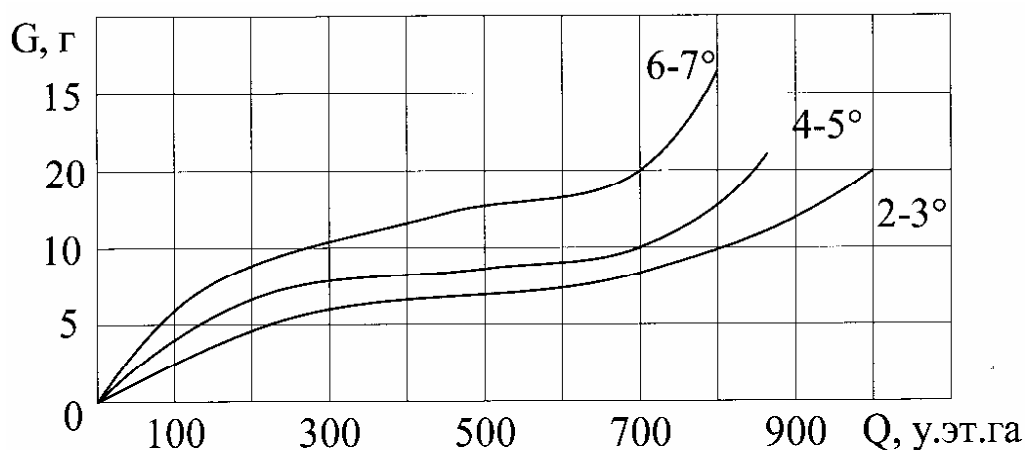


Рис.8. Износ деталей коробки перемены передач и заднего моста в зависимости от объема выполненной работы и угла склонов полей

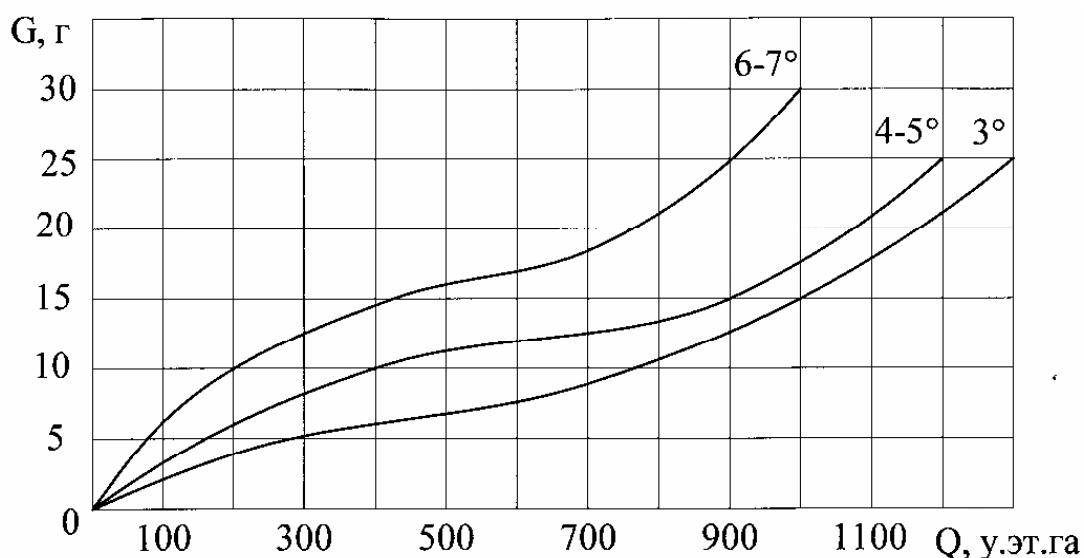


Рис.9. Износ конечной передачи в зависимости от объема выполненной работы и угла склонов полей

При работе на склоне $6-7^\circ$ этот период заканчивается после выработки 500-550 у.эт.га пахоты. У тракторов, работающих на полях со склоном $2-3^\circ$, он продолжается до 800-850 у.эт.га. При угле склона $4-5^\circ$ интенсивный износ начинается после выработки 700-750 у.эт.га.

Следовательно, с увеличением угла склона полей продолжительность нормальной работы двигателя уменьшается по некоторой зависимости в степени большей единицы. Рельеф полей также оказывает пагубное влияние на износ деталей коробки передач и заднего моста. На графике (рис. 8) показано среднее значе-

ние износа шестерен коробки передач. Износ в условиях высокой рельефности более чем в два раза превышает износ на равных участках.

На основании исследований можно сделать следующие выводы.

1. Ввиду более быстрого износа тракторов в гористых условиях сроки проведения технических уходов должны быть сокращены: в условиях средней рельефности на 10-15%, в условиях высокой рельефности – на 35-40%.

2. При уклоне полей 4-5° потребность в ремонтных материалах должна быть выше на 20-25%, чем в подобной области с ровным рельефом.

К важнейшим факторам, влияющим на изменение технического состояния машин, относятся температура и влажность окружающего воздуха, солнечная радиация, запыленность воздуха.

Диапазон температуры воздуха при эксплуатации машин составляет +35...-35°; влажности – 50...80%, осадков – 190...1500 мм; запыленности – 0,04...5,00 г/м³.

При низкой температуре увеличивается механическое трение, повышается износ механизмов. Эксплуатация машин при повышенной температуре воздуха приводит к перегреву, уменьшению вязкости смазочных материалов, как следствие увеличивается износ сопрягаемых деталей, возникают задиры.

В результате воздействия солнечной радиации повышается интенсивность химического разложения материалов резиновых и пластмассовых деталей, защитных красок.

Повышенная влажность воздуха, осадки увеличивают коррозию металлов.

Но основным фактором ухудшения технического состояния машин является абразивный износ сопрягаемых деталей в результате запыленности воздуха. Запыленность при эксплуатации машин (в пределах 0,04...5,00 г/м³) увеличивает износ деталей в 10 и более раз. Это обусловлено тем, что пыль на 60...80% состоит из минеральных частиц размером 5...1200 мкм. Основной состав пыли: двуокись кремния SiO₂, окись железа Fe₂O₃, кальций, алюминий, магний и др. Твердость частиц двуокиси кремния на-

ходится в пределах 10700...11700 МПа, окиси алюминия – 20900...22900 МПа.

В то же время твердость большинства деталей машин меньше, чем у частиц пыли. В результате более 60% износов машин имеют абразивный характер.

По данным И.В. Крагельского, до 80% отказов машин происходит из-за износов. Поэтому важно рассмотреть влияние внешних факторов (режимов и условий эксплуатации машин) на износ.

В общем случае износ для стационарных условий подсчитывается по формуле

$$I_c = A g_c^{1+\beta t}, \quad (2)$$

где I_c – интенсивность износа; A – коэффициент пропорциональности; g_c – удельная нагрузка; β – константа в биномиальном законе трения; t – коэффициент усталости, $t = 2 \dots 3$.

Однако нагрузка на узел трения может меняться вследствие эксплуатационной необходимости и колебательных процессов. Тогда с учетом влияния нестационарности режима нагружения на износ формулу (2) можно записать в виде

$$I_v = A_{gc}^{1+\beta t} (1 + \beta t V^{1+\beta t}), \quad (3)$$

где V – коэффициент вариации внешней нагрузки (величина, изменяющаяся при выполнении различных видов полевых работ).

Тяговое усилие и коэффициент вариации внешней нагрузки трактора при выполнении полевых операций могут отличаться по величине в десятки раз (приложение 2). Следовательно, пропорционально, а при совокупности всех отрицательных воздействий – в большей степени увеличивается износ деталей тракторов.

Особенно значительное влияние на износ пар трения, загрязненность масел оказывает запыленность воздуха, величина которой при работе сельскохозяйственных агрегатов колеблется в широком диапазоне.

Исходя из условий абразивного воздействия A , физико-механических свойств материалов $M_{1(a)}$, геометрических и кинематических параметров сопряжения $K_{1(a)}$, скорость изнашивания $I_{1(a)}$ определяем по выражению

$$I_{1(2)} = 4 \cdot 10^2 \frac{AK_{1(a)}}{M_{1(a)}}, \quad (4)$$

где $A = g_a^{2/3} R^{0.6} \tau^{2.6}$; g_a - концентрация абразивных примесей в воздухе или в смазке, %; R – средний радиус абразивных частиц, мм; τ – предел прочности частиц, кг/мм² (рис.10).

Снижение температуры окружающего воздуха с 25 до 35 °С при температуре двигателя 80 °С увеличивает скорость изнашивания поршней в два раза, втулок верхних головок шатунов – в 1,4 раза, вкладышей коленчатых валов – в 1,5 раза, сопряжения гильза – кольцо – в 1,7 раза.

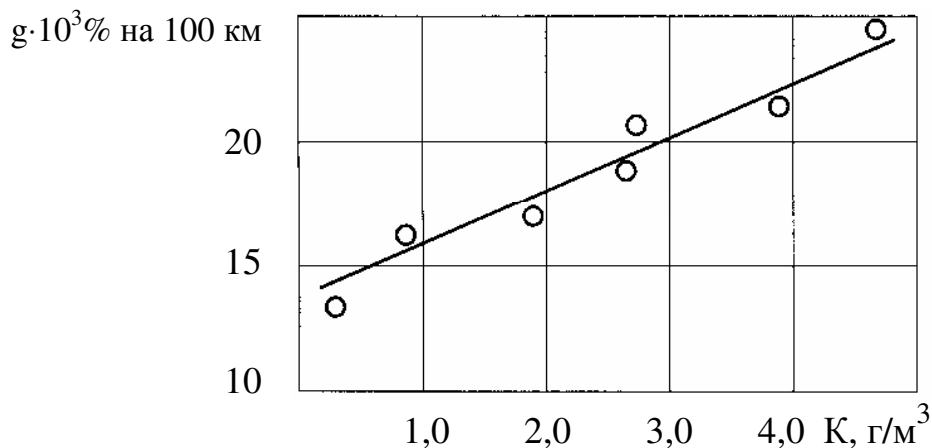


Рис. 10. Зависимость количества продуктов износа в пробе картерного масла двигателя ЯМЗ-236 от запыленности воздуха K

Особенно значимо перечисленные факторы влияют на качественные изменения масел в картерах машин, вследствие чего снижается эффективность смазки трущихся деталей и увеличивается их износ.

Различные тяговые усилия тракторов при работе в составе полевых агрегатов обуславливают неодинаковую температуру масла в картере двигателя (рис. 11), что в свою очередь приводит к различной скорости изнашивания деталей дизеля (рис. 12), то есть вид выполняемой полевой операции, характеризуемой определенными тяговыми усилиями, оказывает влияние на скорость изнашивания деталей двигателя.

Аналитические и графические зависимости показывают, что учет нестационарности нагрузок, изменения удельных нагрузок, запыленности всасываемого воздуха, температуры окружающей среды в процессе работы тракторов приводит к значительным количественным поправкам, чем можно объяснить ряд эффектов, наблюдаемых в практике использования тракторов.

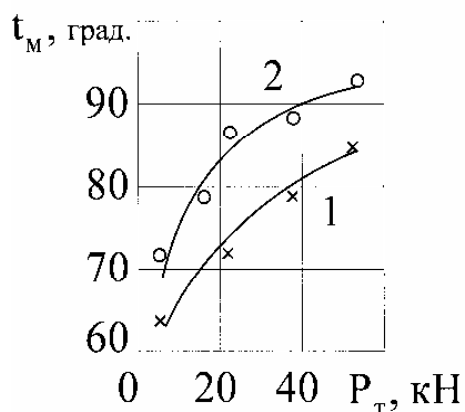


Рис.11. Зависимость средней температуры масла в картере двигателя от среднего тягового усилия тракторов К-700 (1), К-701 (2)

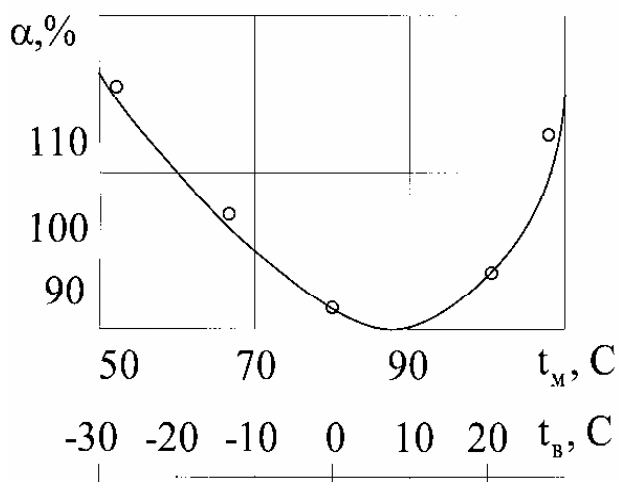


Рис.12. Зависимость скорости изнашивания деталей дизеля от температуры масла в двигателе t_M и окружающего воздуха t_B

Так, обработка данных многолетних (1972-1979 гг.) исследований по надежности тракторов типа «Кировец», выполнявших полевые и транспортные работы, позволила получить закономерности изменения количества отказов тракторов от наработки (рис. 13).

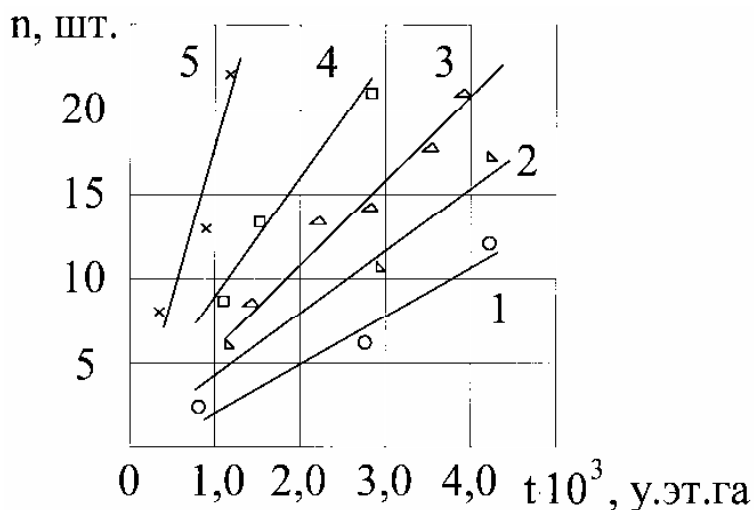


Рис.13. Изменение количества отказов тракторов «Кировец» на выполнении полевых (ПР) и транспортных (ТР) работ при различных сроках службы: 1 – К-701 (ТР) – один-два года; 2 – К-700 (ПР) – пять-шесть лет; 3 – К-700 (ПР) – шесть-семь лет; 4 – К-701 (ПР) – до года; 5 – К-701 (ПР) – один-два года

Анализ их позволяет сделать следующие выводы.

Характер изменения отказов тракторов определяется не только наработкой, но и сроком их службы и видом выполняемой

операции. Например, при наработке тракторов К-701, равной 2000 у. эт. га, количество отказов их на полевых операциях в пять раз выше по сравнению с транспортными работами.

Тракторы К-701 первого года эксплуатации имеют меньше отказов (в 1,5...1,7 раза) по сравнению с отказами тракторов, проработавших не более двух лет, но количество отказов и у них на полевых операциях примерно в три раза больше, чем на транспортных.

Значимое ухудшение технического состояния в зависимости от условий эксплуатации происходит у автомобилей. Например, рабочая скорость автомобилей за городом в среднем выше на 50...55%, чем в городе; число переключений передач в городе больше в 3,0...3,5 раза, а удельная работа трения тормозных механизмов больше в 8,0...8,5 раз, чем за городом,

Важными факторами, определяющими ухудшение работоспособности и снижение безотказности машин при эксплуатации в рядовых условиях, являются несоблюдение режимов технического обслуживания и ремонта, проведение их несвоевременно и с низким качеством.

В период пиковых нагрузок, когда резко возрастает и объем работ по техническому обслуживанию, его регламент не соблюдается. Количество проводимых обслуживаний составляет только 40...60% от положенного по нормативам. Их фактическая периодичность превышает нормативную в полтора-два раза, в результате чего на 20...30% возрастают простои МТА и затраты на устранение отказов.

В ряде источников указывается, что практически уровень выполнения ТО находится в пределах 23...80% нормативного. Во многих хозяйствах ТО осуществляется в объеме 0,07...0,10 чел.-ч на один мото-час наработки трактора при плановых удельных показателях 0,2...0,3 чел.-ч.

Если принять суммарные затраты на техническое обслуживание, устранение отказов и ремонт двигателей трактора за 100%, то в условиях нормальной эксплуатации затраты на ТО составляют в среднем 60%, а в условиях рядовой эксплуатации они меньше в пять раз.

Проведенные нами исследования состояния технического обслуживания тракторов К-700А, К-701 в хозяйствах Челябинской области показали, что количество фактически проводимых ТО-1, ТО-2, ТО-3 в два-три раза меньше требуемого, если учесть наработку тракторов и нормативы на обслуживание. В ряде хозяйств, по статистике, количество ТО-2 близко к нормативному, но на самом деле это результат следующего положения. Основной «сигнализирующей» операцией ТО-2 является смена масла в двигателе. Поэтому часто, заменив масло и выполнив еще несколько операций обслуживания, мастер-наладчик отмечает в ведомости проведение ТО-2. В среднем же из всех операций ТО-1, ТО-2 выполняется 50...60%. Все это в целом обуславливает низкое качество технического обслуживания тракторов. В результате текущих и капитальных ремонтов проводится в полтора-два раза больше нормативного.

Качество периодических технических обслуживаний можно оценивать по формуле

$$A = t_{\text{уд.ф}} / t_{\text{уд.н}}, \quad (5)$$

где $t_{\text{уд.ф}}$, $t_{\text{уд.н}}$ – фактическая и нормативная удельная трудоемкость ТО, чел.-ч/мото-ч.

В настоящее время даже такие дорогостоящие и конструктивно сложные тракторы, как «Кировец», обслуживаются в большинстве хозяйств с качеством $A=0,40...0,50$, то есть за цикл использования проводится 40...50% необходимых обслуживающих операций. Следовательно, многие механизмы длительное время остаются без очистки, промывки, регулировки, что вызывает их форсированный износ и многочисленные отказы тракторов. Например, при $A=0,45$ наработка на отказ составляет 100...120 мото-ч, что в два раза меньше в сравнении с тракторами, которым техническое обслуживание выполняют своевременно и на 100%. Практически у первых тракторов межремонтная наработка ниже в два раза, но затраты на устранение отказов значительно выше (табл. 2).

Наибольший же ущерб от низкой безотказности тракторов, при одновременных сверхнормативных затратах на ремонт, наносится при многочисленных длительных простоях агрегатов во время полевых операций, которые составляют 200...300 ч за год

(рис. 14). Это значит, что агрегатом в составе с «Кировцем» ежегодно не обрабатывается своевременно 600...700 у.э.га. Важно обратить внимание, что при выполнении ТО в полном объеме время простоя агрегатов из-за отказов тракторов сокращается в два с половиной раза, а простои самого трактора на текущем ремонте – в три-четыре раза. Очевидно, что в 2,0...2,5 раза должны увеличиваться простои тракторов на техническом обслуживании. Но все равно суммарные простои тракторов при качественном и своевременном ТО в 2,0...2,5 раза меньше, чем простои при устранении неисправностей в поле.

Таблица 2

Влияние качества технического обслуживания тракторов «Кировец» на их безотказность

Качество ТО	Наработка, мото-ч		Простои при ремонте и отказах за год, ч	Затраты на устранение отказов руб./у.э.га
	на отказ T_0	межремонтная		
$A=0$	35-50	900-1400	1000	1,5
$A=0,45$	100-120	1700-2000	400	0,50
$A=0,8$	170-180	3000-3200	280	0,25
$A=1$	200-220	3500-4000	270	0,15

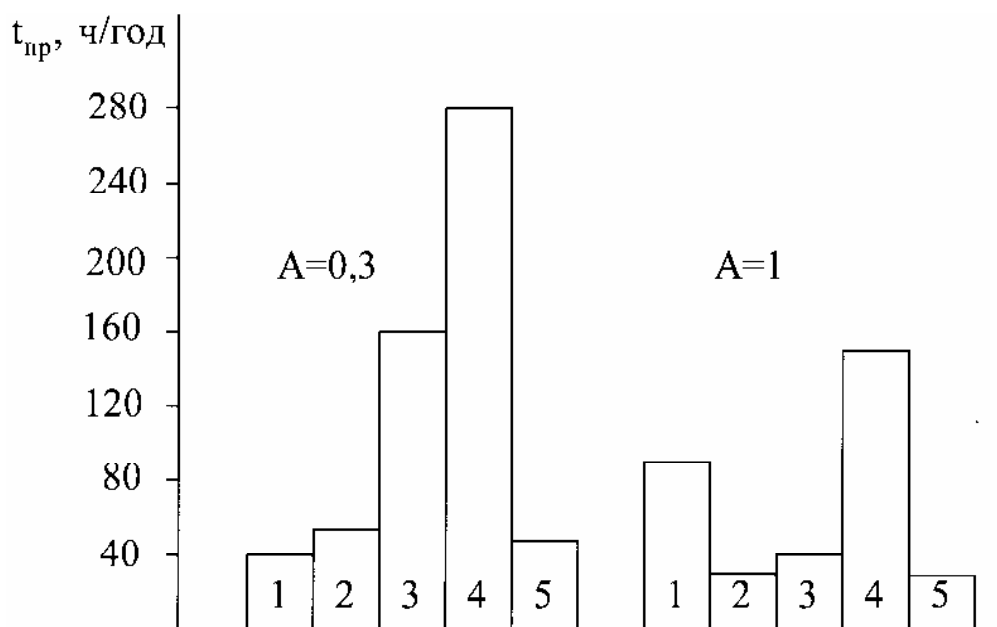


Рис.14. Структура простоев тракторов в зависимости от качества технического обслуживания: 1 – ТО; 2 – восстановление отказов; 3 – текущий ремонт; 4 – устранение неисправностей при работе; 5 – транспортировка

Не менее важна своевременность выполнения технических обслуживаний. Увеличение времени между обслуживаниями ведет к перегрузкам механизмов, преждевременному износу и поломкам, повышенным затратам средств на содержание техники (табл. 3).

Таблица 3

Влияние своевременности проведения технических обслуживаний машин на затраты по их содержанию

Количество операций ТО, выполненных в плановые сроки, %	Затраты средств на содержание техники, %, к плану
85-100	90-103
60-85	105-115
Менее 60	120-150

Об эффективности соблюдения правил технического обслуживания тракторов и сложных сельскохозяйственных машин можно судить по результатам исследований ГОСНИТИ, проведенных в производственных условиях. Наблюдение за работой 108 тракторов Т-150К и Т-150 показало, что при соблюдении правил ТО за 100 рабочих смен трактора возникает 25 неисправностей, в противном случае число неисправностей увеличивается до 63, то есть в 2,5 раза. Если за 1000 мото-часов работы трактора К-700 затраты труда на плановое техническое обслуживание увеличиваются с 104 до 128 чел.-ч, то затраты труда на устранение неисправностей трактора за это же время уменьшаются с 133 до 60 чел.-ч. Следовательно, увеличение затрат на плановое техническое обслуживание на 23 % сокращает затраты труда на устранение неисправностей в 2,2 раза. При этом средняя наработка на отказ трактора К-700 повышается с 96 до 140,9 мото-ч. Полное же соблюдение правил ТО (затраты труда 160...180 чел.-ч за 1000 ч работы) позволяет увеличить наработку на отказ до 170...195 мото-ч.

О влиянии качества ТО на эффективность работы зерноуборочных комбайнов говорят следующие данные. При выполнении 40% установленных операций ТО средняя наработка на отказ комбайна составляет 18 га, при выполнении 60 % - 24 га, при выполнении 85 % операций - 30 га. В свою очередь величина нара-

ботки на отказ комбайна определяет коэффициент готовности парка комбайнов, от которого в значительной мере зависит их дневная выработка. При коэффициенте технической готовности 0,75 дневная выработка составляет 11,5 га, при повышении коэффициента до 0,9 выработка составляет 18 га.

Как показывают исследования технико-технологического состояния сельхозмашин, несмотря на относительно простую структуру системы их обслуживания, более половины обслуживающих воздействий (смазка, подтяжка креплений, регулировка и настройка) при подготовке МТА к работе не выполняется. Отсюда одновременно с более низким уровнем заводской надежности сельхозмашин, чем тракторов, показатели работоспособности машин в рядовых условиях эксплуатации намного ниже полученных на МИС.

В то же время затраты на качественную подготовку технологической части агрегата к работе, как показывают расчеты, составляют всего 5 % издержек на техническую эксплуатацию трактора, а эффект от нее более чем в два раза превышает издержки на обновление тракторного парка. Поэтому перенос внимания на готовность агрегата в целом – новая концепция в области эксплуатации МТП.

В большинстве хозяйств основной объем работ по ремонту, регулировке, технологической настройке сельхозмашин, агрегатов в целом приходится на механизатора, за которым закрепляется большое количество разнообразной техники (трактор, комбайн зерноуборочный, от 10 до 18 технологических машин: сцепки, культиваторы, сеялки и др.). Если учесть, что стабильность регулировок сельхозмашин невелика и не превышает 6...10 ч, а трудоемкость разовой регулировки и технологической настройки, например, плуга, составляет 1,4 чел.-ч, культиватора для междурядной обработки – 2,2 чел.-ч, для сплошной обработки – 1,8, сеялки зерноуборочного комбайна – до 2,4 чел.-ч, то механизатор практически не имеет возможности, выполнять эти работы. Зачастую и не умеет это делать. В результате агрегаты работают с неотрегулированными рабочими органами. Если выполнять весь объем работ по техническому обслуживанию, устранению неисправностей, технологической настройке и агрегатированию ма-

шин, то потери составят 2,5...3,0 ч сменного времени каждого агрегата. Вернее сказать, составили бы, если бы выполнялось нормативное обслуживание машин.

Низкая эффективность процесса обеспечения работоспособности тракторов, рабочих машин и в целом агрегатов на сельхозпредприятиях имеет несколько объективных причин. Важнейшие из них: непрерывное возрастание конструктивной сложности машин, повышение их требовательности к своевременному и качественному техническому обслуживанию; относительное сокращение численности механизаторов по отношению к количеству энергетических и рабочих машин; недостаточная производственная база и насыщенность инженерных служб по обеспечению работоспособности техники; возросшая противоречивость систем использования и обслуживания техники.

Действительно, график (рис. 15), построенный по данным А.П. Соломкина, показывает, что с ростом единичной мощности тракторов многократно увеличивается количество регулировочных, контрольных и осмотровых операций. Конструктивная сложность, например, трактора «Кировец» по количеству точек обслуживания в 4...5 раз выше в сравнении с трактором ДТ-54.

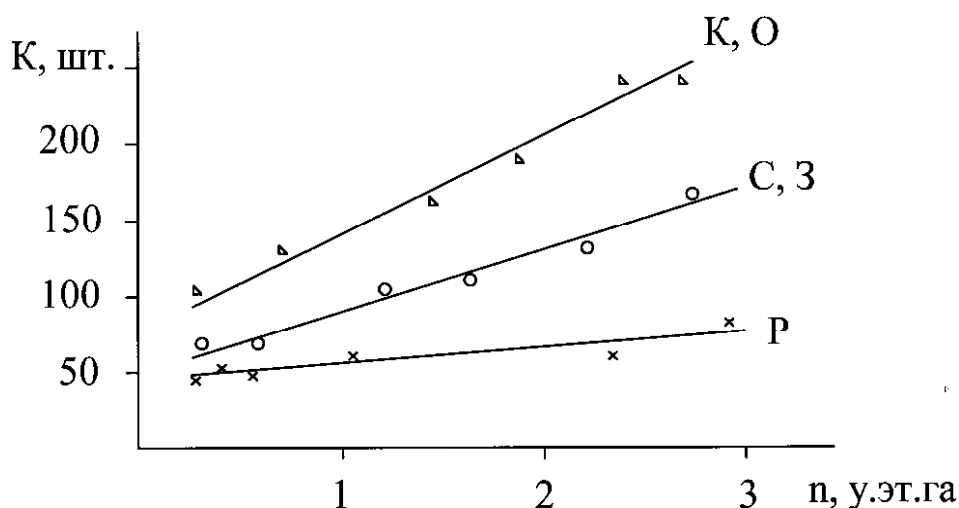


Рис.15. Изменение количества точек обслуживания в зависимости от единичной мощности тракторов (К- $K_{\text{ТО-1}}+K_{\text{ТО-2}}+K_{\text{ТО-3}}$ – взято по одному ТО каждого вида): Р – число регулировок; С,З – число точек смазки, заправки; К, О – число контрольных и осмотровых операций

При количественном росте (за период 1975-1995 гг.) тракторов на 30...35 %, зерноуборочных комбайнов на 10...15 %, сельхозмашин на 25...30 % трудоемкость суммарного технического обслуживания этого парка машин возросла в 1,5...1,6; в 1,2...1,3 и в 1,5...1,7 раза соответственно, то есть в целом на 50...55 %. А так как прирост численности механизаторов за этот период составил около 10 %, то в совокупности с рассмотренным удельная трудоемкость технического обслуживания (чел.-ч на механизатора в год) увеличилась примерно на 40 %.

Если в начале 1960-х годов на агрегат с трактором ДТ-54 приходилось два механизатора и два прицепщика, то сейчас в несколько раз более сложным агрегатом вынужден управлять один механизатор. Тенденция к сокращению численности механизаторов в сельском хозяйстве, особенно в степных (со значительной рассредоточенностью населенных пунктов) районах, сохраняется.

Постоянная специализация труда в сельском хозяйстве привела к тому, что механизаторы, занятые выполнением хозяйственных работ, обслуживанием животноводства, на возделывании пропашных культур, практически не участвуют или участвуют очень ограниченное время на работах по возделыванию зерновых и трав. А так как именно здесь используется наиболее разнообразная техника, то и нагрузка на механизатора, выполняющего эти операции, примерно в полтора-три раза выше средней нагрузки по совхозу. Таким образом, механизатор вынужден затрачивать на выполнение регулировочных операций на сельхозмашинах более двух месяцев в году. Если раньше на многие, особенно сложные многомашинные агрегаты в помощь трактористу выделялись прицепщики, которые проводили работы по уходу за сельхозмашинами, в том числе и регулировку, то в настоящее время тракторист-машинист один обслуживает свой агрегат. Регулировочные операции приходятся в основном на весенне-летние и первые осенние месяцы, в самый напряженный период полевых работ. В связи с этим, как показывают наблюдения, техническое обслуживание агрегата многими механизаторами сводится к заправке и смазке. Даже наиболее опытные из них успевают лишь справиться с уходом за трактором, а техобслуживание с.-х. машин не производят вовсе.

Массовые исследования, проведенные учеными ГОСНИТИ, выявили, что в напряженные периоды посевных и уборочных работ поток требований на обслуживание превышает средние значения в 5...6 раз.

Одной из причин неудовлетворительного функционирования процесса технического обслуживания во многих сельскохозяйственных предприятиях является слабая ремонтно-обслуживающая база. Обеспеченность ею в сельском хозяйстве по основным объектам (ремонтные мастерские, посты и пункты технического обслуживания, машинные дворы, боксы для стоянки техники) составляет не более 30...40 % от рекомендуемой. Как минимум, в трети хозяйств нет передвижных агрегатов ТО, в половине – мочных машин, лишь четвертая часть хозяйств имеет стенды для обкатки двигателей, диагностическое оборудование.

Нехватка механизаторских кадров и слабая материально-техническая база – важнейшие причины отсутствия или нерегулярного функционирования специализированных служб по техническому обслуживанию машин в хозяйствах. А ведь известно, что чем выше уровень специализации в процессе обслуживания машин, тем больше возможность проведения его в срок и в полном объеме. Так, один механизатор выполняет всего до 24 % от общего количества запланированных обслуживаний, а при участии в техническом обслуживании мастера-наладчика выполняется до 43 % от требуемого объема.

При полной специализации технического обслуживания машин полнота выполнения операций достигает 89 %. Хотя, безусловно, качество функционирования специализированных служб по обслуживанию техники зависит от многих объективных и субъективных факторов инженерно-организационного, технологического и экономического характера.

Перечисленные особенности в совокупности определяют низкую технико-технологическую надежность машинно-тракторных агрегатов. Несмотря на некоторое повышение надежности отдельных машин (до 30...50 %), в рядовых условиях эксплуатации она ниже в 1,5...2,5 раза нормативных показателей, полученных на машиноиспытательных станциях.

Исследование взаимосвязи элементов механизированного процесса в растениеводстве, количественно-качественный анализ этих связей свидетельствует, что технико-технологическое состояние машинно-тракторных агрегатов является определяющим фактором эффективности его реализации. Неудовлетворительное функционирование системы обеспечения работоспособности машин, в основном влияющей на эксплуатационные свойства агрегатов, объективность причин, определяющих низкую эффективность процесса технического обслуживания, свидетельствуют о народнохозяйственной важности решения проблемы обеспечения работоспособности современных машинно-тракторных агрегатов в растениеводстве.

На работоспособность машин при эксплуатации большое влияние оказывает качество используемых топливно-смазочных материалов (ТСМ): бензина, дизельного топлива, моторных и трансмиссионных масел. С одной стороны, качество ТСМ определяет эффективность использования машин, которая зависит от развиваемой мощности двигателей, удельного расхода топлива, потерь энергии при передаче крутящего момента к движителям и механизмам привода рабочих машин. С другой стороны, качество ТСМ влияет на величину износа сопрягаемых пар, работоспособность узлов и деталей вследствие загрязнения, нагарообразования, засорения клапанов.

Особенно большое влияние на интенсивность образования высокотемпературных отложений оказывает качество сжигаемого топлива и применяемого моторного масла. В стандартах как на бензин, так и на дизельное топливо нормируются показатели, которые влияют на образование высокотемпературных отложений, вызывающих смоло- и нагарообразование в двигателях.

В бензине и дизельном топливе в растворенном состоянии практически всегда содержатся смолистые и смолообразующие соединения, количество которых зависит от вида и состава топлива, технологии его получения и способов очистки. При хранении, особенно в неблагоприятных условиях (плохая герметизация резервуаров, наличие в них осадков и воды, хранение при повышенной температуре), количество смол увеличивается, иногда значительно, тогда топливо темнеет, в некоторых случаях в нем

накапливаются отложения. Стандартами нормируется содержание фактических смол. Для бензина различных марок оно составляет до 7...15 мг/мл, для дизельного топлива – до 30...60 мг/мл.

Если содержание фактических смол отвечает требованиям стандартов, двигатели длительное время работают без повышенного смоло- и нагарообразования. Нередко при эксплуатации техники содержание смол в топливе значительно больше. Доказано, что если оно в два-три раза больше нормы, то моторесурс карбюраторного двигателя снижается на 20...25 %, дизельного – на 40...45 %; кроме этого, при эксплуатации двигателей возникают различные неисправности: зависают клапаны, закоксовываются распылители форсунок, компрессионные и др.

В реальной эксплуатации качество используемых топлив и масел не всегда соответствует стандарту. Например, пробы бензина А-76 из резервуаров двух хозяйств, получающих его с одной нефтебазы, показали: в одной пробе фактических смол было 15 мг/100 мл, в другой – в 12 раз больше. Это обусловлено тем, что в резервуарах было много отстоя и осадков, очистка их не производилась, дыхательный клапан отсутствовал, люки закрыты негерметично.

Большой вред (не только ускоренное образование нагара, но и быстрый износ деталей топливopодающей аппаратуры и двигателя в целом) наносят абразивные механические примеси, попадающие в двигатель с топливом и воздухом. По стандарту в бензине и дизельном топливе наличие механических примесей не допускается. Однако при транспортировании, хранении, приемно-отпускных операциях топливо, масла часто загрязняются пылью и песком из окружающего воздуха. Вместе со смолистыми и коксообразующими веществами эти посторонние частицы приводят к увеличению высокотемпературных отложений.

Если в топливе содержатся абразивные механические примеси, то срок службы насоса высокого давления дизеля в зависимости от загрязненности сокращается в пять-шесть раз.

Анализ большого количества проб дизельного топлива, отобранных по пути следования от базы нефтеснаба до бака машины, показывает, что на каждом этапе резко увеличивается количество механических примесей (рис. 16).

В любой машине для смазки трущихся пар используют до 10...12 видов смазочных масел и пластичных смазок. В настоящее время они стали факторами, от которых в значительной мере зависит надежность техники. По существу, смазочные масла и смазки – такие же ответственные материалы, как и металлы, из которых выполнены детали машин.

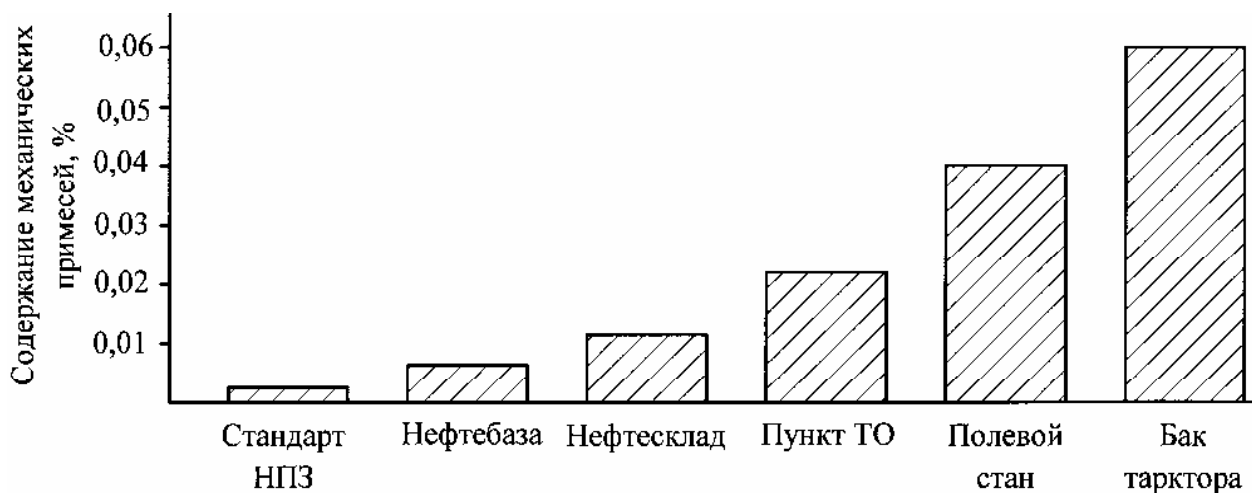


Рис.16. Содержание механических примесей в дизельном топливе

Только один фактор (в отличие от природно-климатических), обуславливающий надежность техники – соответствие (номенклатуре) и качество используемых смазочных материалов – полностью зависит от технологической дисциплины их применения по назначению.

В практике эксплуатации тракторов и автомобилей бывает такое, что один двигатель работает тысячи часов, и необходимость в его ремонте не возникает. Другой используется в тех же условиях, но на ином (не предусмотренном номенклатурой) масле, и уже через несколько десятков – сотен часов работы теряет работоспособность: падает мощность двигателя, дымит, увеличивается угар масла. После разборки оказывается, что одно или несколько колец залегли, потеряли подвижность.

Анализ проб масел в хозяйствах Тамбовской, Саратовской, Воронежской областей показал, что около 70 % анализируемых масел не соответствовали требованиям ГОСТа по основным физико-химическим показателям. Это свидетельствует о необходимости входного контроля перед приобретением и применением масла на предприятиях.

К числу основных факторов, оказывающих влияние на работоспособность и безотказность машин при эксплуатации, относятся и уровень квалификации эксплуатирующего персонала – водителей, трактористов, комбайнеров, мотористов. Именно от их знания конструкции, принципов работы, использования скоростных и нагрузочных режимов в различных, в том числе тяжелых условиях эксплуатации, в значительной мере зависит работоспособность машин. Затраты на ремонт за один срок (4-5 лет) службы однотипных тракторов в одном и том же сельскохозяйственном предприятии у трактористов с низкой квалификацией превышают в 1,5...3,0 раза нормативные затраты.

Даже при более легких нагрузочных режимах использования автомобилей по сравнению с режимами использования тракторов в сельском хозяйстве, дорожном строительстве более низкий уровень квалификации водителей значительно снижает эффективность использования машин (табл. 4).

Таблица 4

Влияние квалификации водителей на режим использования
и надежность автомобилей

Квалификация	Число торможений на 1 км пути	Путь торможения от общего пробега, %	Количество отказов, %	Ресурс агрегатов, %
Высокая	1,7	2,1	100	100
Средняя	2,6	3,8	140	44-70

Рассмотренный материал свидетельствует, что при эксплуатации машин, особенно мобильных, фактические показатели потенциальных потребительских свойств используются в среднем всего на 50...70 %. Еще ниже показатели использования и эксплуатационной надежности машин при одновременном, комплексном действии рассмотренных факторов. А именно чаще всего при рядовой эксплуатации машин на изменение их технического состояния действует совокупность факторов, что и предопределяет снижение эксплуатационной надежности машин.

1.6. Конструктивно-технологические факторы, определяющие уровень надежности машин

При проектировании машин решаются две основные задачи: разработка конструкции машины в соответствии с технологическим назначением и обоснование прочностных показателей деталей, узлов, агрегатов машин. Решение первой задачи определяется уровнем технологической способности машины, которая зависит от полноты и качества выполнения установленных агротехнологических, маневровых, эргономических, экологических и других требований. Проектируемая машина должна при эксплуатации качественно выполнять свои функции.

После разработки конструкции машины, ее узлов и механизмов проводится прочностное обоснование деталей, агрегатов, подбирается материал, обосновываются его прочностные характеристики, необходимые виды обработки поверхностей, технологии изготовления и т.д. Важнейшим условием разработки надежной при эксплуатации машины является полнота учета нагрузочных и скоростных режимов ее использования, условий применения, факторов, действующих на машину. Эти данные, как правило, получают путем исследования надежности однотипных машин в различных условиях эксплуатации, а также на основе стендовых испытаний агрегатов и машин в целом.

Другим важным условием обеспечения требуемой надежности выпускаемых машин является строгое соблюдение технологии изготовления деталей, сборки составных частей на заводах. Даже хорошо спроектированная машина при нарушении технологий ее изготовления будет недостаточно надежной. А совокупность недостатков, недоработок при проектировании и производстве машин предопределяет снижение показателей надежности при эксплуатации.

Конструктивная сложность машин постоянно возрастает, особенно это касается автомобилей, тракторов, дорожных машин, самоходных уборочных комбайнов. Например, современный грузовой автомобиль состоит из 20...25 тыс. деталей, из которых 7...9 тысяч теряют свои первичные свойства при эксплуатации, причем 3...4 тысячи имеют срок службы меньше срока службы

самого автомобиля. Из них 80...100 деталей влияют на безопасность движения, 150...300 деталей чаще других требуют замены.

У современных мобильных машин на 2...3 % номенклатуры запасных частей приходится 40...50 % общей стоимости потребляемых запасных частей за время их эксплуатации; на 8...10 % номенклатуры – 80...90 %, на 20...25 % номенклатуры запасных частей – 96...98 %.

По данным исследований различных авторов, уровень заводской надежности отечественных машин в два-три раза ниже лучших зарубежных аналогов, что обусловлено существенными недостатками конструктивно-технологических процессов. Основные причины такого положения заключаются в недостаточно полном учете вариации нагрузок на механизмы, агрегаты машин, стохастичности этих нагрузок; в увеличенных допусках на точность изготовления деталей, сопряжений; непроработанности и нарушении технологий изготовления деталей, сборки составных частей и машин в целом.

Глава 2

ПРОЦЕСС УХУДШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАШИН ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

2.1 Старение машины и изнашивание её элементов

Полувековой опыт исследований позволяет сделать обобщения и сформулировать основной физический закон старения технических систем:

«Старение технической системы – процесс накопления с разной интенсивностью повреждений ее элементов, который проявляется необратимым изменением свойств и неравномерностью остаточного ресурса элементов системы».

Под технической системой понимается машина в целом или ее отдельные элементы.

Закон старения технических систем в процессе эксплуатации порождает необходимость проведения ремонта, как единственно возможного способа устранения отказа или отказов и обеспечения работоспособного состояния системы в течение назначенной конструктором наработки до предельного состояния.

Понятие «старение» применительно к машинам может использоваться в трех видах оценки их состояния: моральное старение, буквальное старение материалов некоторых деталей, старение, связанное с изнашиванием рабочих поверхностей деталей.

Причиной морального старения является появление в сфере эксплуатации новых машин с более эффективными рабочими, экологическими, экономическими и другими свойствами по сравнению с машинами предыдущих поколений.

Буквальное старение обусловлено необратимыми процессами физико-химических свойств материалов некоторых деталей – изменения уплотнений, сальников, пластиковых и синтетических материалов деталей, включая обивку салона, электроприводы и т.п. Такие детали при ремонте заменяются.

Третий вид старения связан с изменением геометрических размеров и форм рабочих поверхностей деталей в результате их изнашивания.

Последние два вида старения связаны с длительным воздействием на машину и ее элементы эксплуатационных факторов – природно-климатических, механических, динамических, термических и т.п. Проявления этих видов старения являются необратимыми.

Все перечисленные проявления старения связаны с постепенным ухудшением показателей технических характеристик машины или ее агрегатов и приводят к исчерпанию ресурса.

Изменение технического состояния машин в процессе эксплуатации

Любое техническое устройство можно представить как некоторую упорядоченную структуру взаимодействующих элементов, обеспечивающих выполнение ее функций. Связи и взаимодействия между элементами, а также элементами и средой, например, дорогой и шиной, ковшом и грунтом, определяются их геометрическими размерами, механическими, химическими и другими величинами. Эти величины, называемые параметрами технического состояния, являются структурными параметрами. Они могут быть измерены соответствующими величинами, например, размеры деталей, зазоры, расход топлива и др.

В процессе эксплуатации машины фактические значения параметров технического состояния изменяются от номинальных до предельных.

Совокупность отклонений параметров состояния механизма (машины, агрегата) от номинала определяет техническое состояние данного механизма. В результате технического воздействия, например, регулировки, техническое состояние можно улучшить. Если продолжить эксплуатацию при выходе параметра за допустимые значения, то наступит нарушение работоспособности.

В процессе эксплуатации машина взаимодействует с окружающей средой, а ее элементы взаимодействуют между собой. Эти процессы связаны, как правило, сложными физико-химическими явлениями и приводят к деформации, износу, поломке, коррозии и другим повреждениям.

Наибольшее количество неисправностей (отказов) возникает по причине износных и коррозионных явлений на рабочих поверхностях деталей машины. При этом отказ происходит не сразу, а после того как величина износа или коррозии достигнет критической величины, т.е. при достижении предельного состояния машины или ее агрегатов. Износные и коррозионные процессы проявляются в виде трех групп изменений:

- изменения геометрических размеров и форм поверхностей деталей;
- смещения поверхностей деталей относительно друг друга (прогиб, нарушение перпендикулярности, соосности, параллельности и т.п.);
- изменения физико-механических свойств материала детали (потеря твердости, упругости, выкрашивание цементационного слоя, появление трещин и т.д.).

Названные изменения в деталях, достигая предельного значения, определяют момент исчерпания ресурса сборочной единицы машины или момент предельного состояния. Таким образом, основной причиной старения является изнашивание в широком смысле этого понятия.

Основные виды повреждений элементов машины

Все причины неисправностей машин можно разделить на три группы (рис. 17). Причинами внезапных отказов являются

нарушения технологии производства и ремонта, конструктивная недоработка узла (агрегата), концентрации внутренних напряжений (технологических, термических, деформационных и пр.), нарушение правил эксплуатации машины и т.п. Объем таких неисправностей – до 16 %.

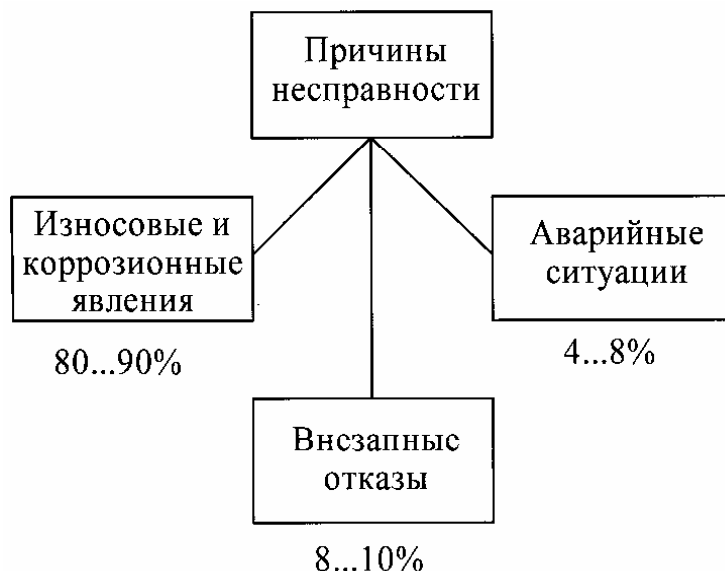


Рис.17. Причины неисправностей

До 8 % неисправностей являются следствием возникающих аварийных ситуаций (столкновение, наезд, опрокидывание и т.д.).

Эти две группы неисправностей устраняются проведением текущего ремонта.

Классификацию повреждений обычно проводят в зависимости от внешнего вида их проявления. При этом разделяют процессы, связанные с объемными и поверхностными изменениями, происходящими с деталью.

К объемным повреждениям относят разрушения (хрупкое, вязкое, усталостное); деформации (пластическая деформация, ползучесть, коробление); изменение свойств материала (структуры, химического состава, механических свойств и др.).

К поверхностным повреждениям относят разъедание (коррозия, эрозия, прогар); нарост; износ; изменение свойств поверхностного слоя (шероховатости, твердости и др.).

Под действием механических нагрузок и внутренних напряжений возникают деформации, трещины и поломки деталей машин. Основными причинами деформации являются недостаточная конструкционная прочность, плохое качество изготовления и ремонта, перегрузки в эксплуатации.

Разрушение (хрупкое или вязкое) материала детали (излом) происходит в результате возникновения недопустимых статических и динамических нагрузок или длительного действия переменных нагрузок, приводящих к усталостным разрушениям. Около 80 % всех разрушений деталей машин носит усталостный характер (несущие элементы, валы, сварные соединения и др.). При этом излом имеет две зоны: зону развивающихся трещин и собственно излом.

Одним из специфических поверхностных повреждений является налипание (наrost) на поверхность посторонних частиц в результате процессов молекулярных взаимодействий, проявления связей и сил химического и электрического происхождения. Нарост часто образуется на фильтрах, внутренних стенках корпусов редукторов, трубопроводах, на свечах двигателей в виде нагара, в полостях радиаторов в виде накипи.

Коррозия (разъедание) – это разрушение изделий под действием внешней среды. Коррозионные процессы обычно делят по следующим признакам: по видам коррозионных разрушений (общее и местное); по механизму реакции взаимодействия металла со средой (химическая и электрохимическая); по виду коррозионной среды (в газах, водных растворах, электролитах и т.д.); по геометрическому характеру (разрушения на поверхности и в объеме металла). Разрушение металлов и сплавов в атмосфере и в средах влажных газов в результате электрохимических процессов называют атмосферной коррозией. Преобладают при этом процессы, происходящие в тонких слоях влаги, сконденсировавшейся на поверхности металла.

В определенных условиях эксплуатации могут иметь место повреждения биологического характера, например, от плесени, разъедающей обычно ткани, некоторые виды пластмасс.

Виды изнашивания

Основной, постоянной причиной изменения технического состояния механизмов машины является изнашивание деталей.

Изнашивание – процесс разрушения и отделения частиц материала от рабочей поверхности детали и накопления остаточной деформации при трении, проявляющейся в постепенном изменении размеров и (или) формы детали.

Износ – результат изнашивания, определяемый в установленных единицах. Износ (абсолютный или относительный) характеризует изменение геометрических размеров (линейный износ), массы (весовой износ) или объема (объемный износ); измеряется он в соответствующих единицах.

Скорость изнашивания определяется как отношение величины износа к интервалу времени, в течение которого он возник:

$$V_{\text{и}} = I/T \text{ [м/ч], [г/ч], [м}^3\text{/ч]}.$$

Интенсивность изнашивания – отношение величины износа к обусловленному пути, на котором происходило изнашивание, или объему выполненной работы: $I=I/T$. Так, интенсивность изнашивания гильз цилиндров составляет от 2 до 7 мкм; шеек коленчатого вала – 0,5...2,0 мкм на 1000 км пробега автомобиля.

Свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в условиях трения характеризуется износостойкостью – величиной, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания, в соответствующих единицах. Относительная износостойкость определяется отношением износостойкости испытуемого материала к износостойкости материала, принятого за эталон, при испытании их в одинаковых условиях.

Процесс изнашивания зависит от материала и качества поверхностей сопряженных деталей, характера контакта и условий трения, нагрузки, скорости относительного перемещения.

Различают три группы видов изнашивания: механическое, коррозионно-механическое и изнашивание при действии электрического тока.

К *механическому изнашиванию* относятся абразивное, гидроабразивное, газоабразивное, эрозионное, гидроэрозионное, газозерозионное, кавитационное, усталостное, изнашивание при фреттинге, изнашивание при заедании.

К *коррозионно-механическому изнашиванию* относятся окислительное и изнашивание при фреттинг-коррозии.

Изнашивание *при действии электрического тока* носит название электроэрозионное.

Процессы изнашивания многообразны, они достаточно хорошо изучены. При ремонте машин и их элементов важно знать величину износа, динамику изнашивания по наработке (характере-

ристика изнашивания) и причину возникновения износа. Эта информация позволяет оценить техническое состояние машины, выявить причины возникновения отказов, обосновать требования технических условий на дефектацию деталей при ремонте; применить тот или иной способ восстановления изношенных поверхностей деталей, обеспечивающий необходимый уровень износостойкости; определить величину ресурса деталей, узлов, агрегатов и машины в целом.

При трении и изнашивании имеют место следующие явления и процессы:

- скачкообразное движение при трении – явление чередования относительного скольжения и относительного покоя или чередования увеличения и уменьшения относительной скорости скольжения, возникающее самопроизвольно при трении движения;

- схватывание при трении – явление местного соединения двух твердых тел, происходящего вследствие действия молекулярных сил;

- перенос материала – явление, состоящее в том, что материал одного тела соединяется с материалом другого тела и, оторвавшись от первого, остается на поверхности второго;

- заедание – процесс возникновения и развития повреждений вследствие схватывания и переноса материала. Заедание может вызвать прекращение относительного движения;

- задир – повреждение поверхности в виде широких и глубоких борозд в направлении скольжения;

- выкрашивание – отделение частиц материала при усталостном изнашивании, приводящее к образованию ямок на поверхности.

Наиболее разрушительное действие на детали машин оказывает *абразивное изнашивание* – процесс механического изнашивания материала в результате режущего или царапающего действия твердых частиц, находящихся в свободном или закрепленном состоянии. Абразивное изнашивание является одним из наиболее распространенных и разрушительных видов изнашивания. Более 60 % отказов строительных, дорожных и сельскохозяйственных машин вызваны абразивным износом.

Этот вид изнашивания характерен для рабочих органов сельхозмашин, тракторов, бульдозеров. Абразивному изнашиванию подвергаются пальцы и траки гусениц, накладки тормозных колодок и тормозов, барабаны, днища корпусов и т.п.

Гидроабразивное (газоабразивное) изнашивание происходит в результате действия твердых частиц взвешенных в жидкости (газе), перемещающихся относительно поверхности детали. Этим видам изнашивания подвергаются внутренние поверхности крыльев, брызговиков и некоторые элементы гидропривода машин. Газоабразивное изнашивание наблюдается на наружных поверхностях кузовов машин и проявляется в виде повреждения лакокрасочного покрытия и стекол, в виде царапин от воздействия абразивных частиц, движущихся с высокой скоростью вместе с окружающей воздушной средой относительно машины.

Эрозионное изнашивание (гидроэрозионное, газоэрозионное) – механическое изнашивание в результате воздействия потока жидкости и (или) газа. Гидроэрозионному изнашиванию подвержены детали топливных, масляных, водяных насосов, гидроприводов тормозных гидроусилителей, а также элементов гидростатического привода машин. В этом случае поток жидкости, обладающий высокой скоростью и давлением, разрушает окисную пленку деталей, вызывает эрозионное разрушение материала.

Кавитационное изнашивание – гидроэрозионное изнашивание при движении твердого тела относительно жидкости, при котором пузырьки газа схлопываются вблизи поверхности, что создает местное повышение давления и температуры. Кавитационное изнашивание характерно для внутренних поверхностей корпусов водяных насосов, водяных полостей блоков цилиндров и головок цилиндров.

Усталостное изнашивание – механическое изнашивание в результате усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя. Наиболее часто усталостное изнашивание проявляется на деталях подшипников качения и зубьях шестерен. Усталостное изнашивание является следствием многократного механического воздействия на микровыступы трущихся поверхностей. Отделению частиц способствует наклеп поверхностного слоя, повышающий хрупкость

материала и снижающий усталостную износостойкость. Следует различать контактную усталость поверхностных слоев, которая возникает при трении качения и проявляется в развитии местных очагов разрушения (питтинг), и усталостное изнашивание, проявляющееся при трении скольжения в виде отделения микрообъемов материала поверхностного слоя детали.

Изнашивание при фреттинге – механическое изнашивание соприкасающихся поверхностей при малых колебательных относительных перемещениях. Изнашиванию при фреттинге подвергаются посадочные поверхности поворотных цапф, шестерен.

Изнашивание при заедании происходит в результате схватывания, глубинного выравнивания материала, переноса его с одной поверхности трения на другую и воздействия возникших неровностей на сопряженную поверхность. Изнашивание этого вида является одним из наиболее опасных и разрушительных. Оно сопровождается прочным соединением контактирующих участков поверхностей трения. В процессе работы машины относительное перемещение деталей приводит к вырыву частиц металла одной поверхности и наволакиванию их на другую, более твердую поверхность. Изнашиванию при заедании подвержены поверхности опор скольжения, работающие при высоких скоростях и недостаточной смазке, например, шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника.

Окислительное изнашивание – коррозионно-механическое изнашивание, при котором основное влияние на изнашивание оказывает химическая реакция материала с кислородом воздуха или другой окисляющей окружающей средой с образованием на поверхности трения защитных окисных пленок, последующим разрушением этих пленок в результате трения, с повторением процесса. Окислительному изнашиванию подвергаются цилиндры, шейки коленчатых валов и другие детали, работающие при трении скольжения.

Изнашивание при фреттинг-коррозии – коррозионно-механическое изнашивание соприкасающихся тел при малых колебательных относительных перемещениях. На участках, пораженных фреттинг-коррозией, протекают процессы схватывания, абразивного разрушения, усталостно-коррозионные разрушения.

Этот процесс наблюдается в местах контакта плотно сжатых деталей, если в результате вибрации между их поверхностями возникает микроскопическое колебательное перемещение. Изнашиванию при фреттинг-коррозии подвергаются резьбовые и заклепочные соединения.

Электроэрозионное изнашивание – эрозионное изнашивание поверхности в результате воздействия разрядов при прохождении электрического тока. Этот вид изнашивания характерен для контактов и разъемных соединений деталей системы электрооборудования, например электропривод - вывод.

Износ механизмов растет вместе с увеличением времени их работы. До известного предела нарастание износа не влечет за собой качественных изменений в работе механизма и может считаться естественным (нормальным). За указанным пределом наступает аварийный износ деталей данного механизма.

На рис. 18 изображена кривая нарастания износа пары работающих деталей, где по оси абсцисс отложено время работы пары, по оси ординат – мера износа, в данном случае – зазор. Показанная кривая справедлива для большинства сопряжений, работающих в установившемся режиме. Кривая имеет три явно выраженных участка: начальный I, характеризующий процесс приработки нового сопряжения; участок II, наибольший по протяженности, соответствующий периоду нормальной работы сопряжения (естественный износ), и конечный III, соответствующий периоду разрушения сопряжения вследствие износа его сверх допустимого предела.

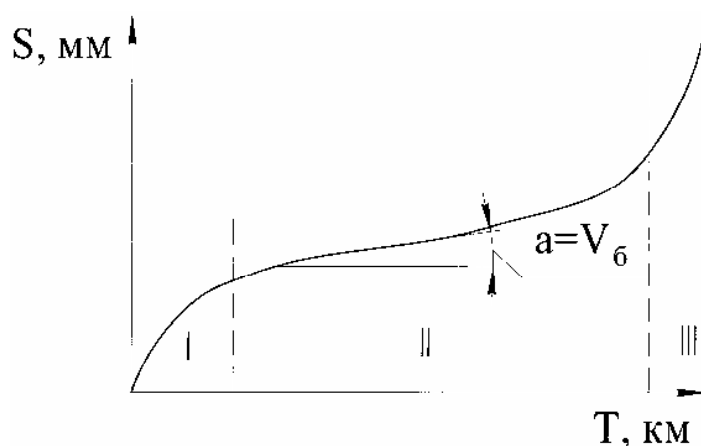


Рис.18. Характеристика изнашивания рабочей поверхности детали

Методы измерения и оценки износа

При исследовании процесса изнашивания используют две методики: методику, основанную на индивидуальном наблюдении за изменением размерных и других характеристик рабочих поверхностей только одной детали в лабораторных условиях или в условиях нормальной эксплуатации; методику, основанную на статистической оценке технического состояния многих деталей одного наименования.

Методика индивидуального наблюдения. Периодически через определенные, заранее назначенные интервалы наработок проводится оценка состояния одной или нескольких рабочих поверхностей исследуемой детали (обмер, шероховатость поверхности, твердость и др.). Полученные результаты дают возможность определить характеристики изнашивания каждой исследуемой поверхности детали. Каждая характеристика представляет процесс изнашивания одной поверхности. На рис. 18 представлен обобщенный (принципиальный) вид такой характеристики. Процесс изнашивания происходит в три стадии. Первая стадия (I) включает процесс приработки – срезание высот шероховатостей сопрягаемых поверхностей, увеличение в связи с этим площади контакта поверхностей, улучшение условий смазки и, как следствие, замедление изнашивания (скорость изнашивания V_6 уменьшается). Стадия II представляет процесс изнашивания в период нормальной эксплуатации – медленное равномерное нарастание величины износа (скорость изнашивания постоянна: $V_6 = \text{const}$). Линия изнашивания близка к прямой наклонной. Однако в этот период происходит увеличение зазора в сопряжениях до предельного уровня – нарушение условий смазки (срыв масляного клина), возрастание ударных нагрузок, снижение уровня герметичности и т.д. С наступлением такого состояния одна или обе сопрягаемые поверхности начинают интенсивно изнашиваться с нарастающей скоростью (стадия III) V_6 – возрастает. Эта стадия процесса изнашивания является стадией прогрессивного (аварийного) изнашивания и указывает на момент исчерпания ресурса деталью и сопряжением.

Изложенная методика проста и конкретна, однако два обстоятельства делают ее почти неприемлемой в условиях эксплуа-

тации и ремонта: 1) достоверное получение характеристики изнашивания требует длительного периода наблюдений; 2) полученная характеристика изнашивания дает представление об изменении рабочей поверхности только одной исследованной детали. Такая же поверхность аналогичной детали будет иметь собственную характеристику изнашивания, отличную от полученной. Это происходит потому, что по параметрам точности, шероховатости, твердости, характеристике сопряжения и т.п., включая условия эксплуатации и обслуживания, каждая аналогичная поверхность другой такой же детали имеет отличия. Эти отличия и формируют собственную характеристику изнашивания детали.

Как правило, количественно предельное состояние определяется по результатам специальных исследований. Эти количественные значения вносятся в эксплуатационно-ремонтную документацию. Предельным состоянием для рабочих поверхностей деталей, например, зубчатых поверхностей шестерен, является начало выкрашивания твердого цементационного слоя (питтинг), для некоторых гильз блока двигателя – изнашивание всей толщины азотированного слоя внутренней поверхности, для посадочной поверхности под подшипник – изнашивание до уровня потери неподвижности в его посадке и т.д. Для агрегатов трансмиссий предельное состояние определяется предельным значением люфта в кинематических цепях шестерен и подшипников, для подшипников – коррозией, выкрашиванием беговых дорожек, появлением люфта радиального и осевого. Предельное состояние двигателя может определяться минимальным давлением в системе смазки, величиной избыточного давления в картере от прорыва выхлопных газов и др. Для машины в целом показателями предельного состояния являются снижение производительности более чем на 20 %, регламентированные общие или ремонтные затраты, простой машины в ремонте и т.п.

Износ измеряется методами от простейших до использующих ядерно-физические процессы.

В условиях эксплуатации определение износа производится двумя способами: непосредственным измерением износа деталей при разборке механизма; оценкой износа деталей по косвенным признакам, например, по выходным и рабочим параметрам

(мощность, расход топлива) или по сопутствующим работе механизма (нагрев, шум, вибрация).

Для измерения износа применяются интегральные и дифференцированные методы оценки повреждений.

К интегральным методам относят методы оценки суммарного износа по изменению массы, объема, содержания продуктов износа. Измерение величины износа по потере массы или объема детали применяют, как правило, при исследовании образцов.

Метод определения износа по содержанию продуктов изнашивания в смазке основан на взятии пробы в работающем масле, где накопились продукты износа (металлические частицы, окислы металлов и продукты химического взаимодействия металлов со смазкой). Для анализа проб масла применяют химический, спектральный, радиометрический и другие методы. Применение этого метода определения износа позволяет избежать разборки машин и их узлов. Метод применяется для измерения интегрального износа различных узлов машин, например, двигателей, зубчатых передач и т.д.

Дифференцированные методы позволяют определять распределение износа по всей поверхности трения (микрометрирование, методы искусственных баз и поверхностной активации).

Метод микрометрических измерений основан на измерении детали до и после изнашивания. Недостатком метода является необходимость, как правило, демонтажа измеряемой детали. При малых значениях износа его определяют по профилограмме, снятой с исходной и изношенной поверхности.

Метод искусственных баз заключается в нанесении на изнашивающуюся поверхность углубления строго определенной формы (конуса, пирамиды, лунки) и после испытания по уменьшению размера углубления (отпечатка) судят о величине износа.

Метод поверхностной активации предусматривает создание на исследуемой детали радиоактивного объема путем облучения заряженными частицами или применения вставки из специального сплава, прошедшего поверхностную активацию. Метод позволяет измерять износ деталей без разборки и остановки машины. Схемы для измерения износа зависят от применяемых методов регистрации излучения.

Для оценки износов применяют методы, относимые к неразрушающему контролю (дефектоскопии). Наиболее распространенными являются визуальный метод и методы, основанные на применении гидравлического и воздушного давления, на молекулярных свойствах жидкостей, на свойствах магнитного или электромагнитного полей, на свойствах звуковых волн.

Вторая методика базируется на статистическом исследовании процесса изнашивания заранее определенного количества одноименных деталей. Это количество определяется по правилам математической статистики с целью обеспечения достоверности получаемых результатов. Последовательность работ по этой методике сводится к следующему. Намечаются три-четыре интервала наработки машин (агрегатов), охватывающих их ресурс до капитального ремонта (T_1, T_2, T_3 ; рис. 19), проводится обмер исследуемых деталей в заданном количестве при наработках машин, близких к заданным (T_1, T_2, T_3).

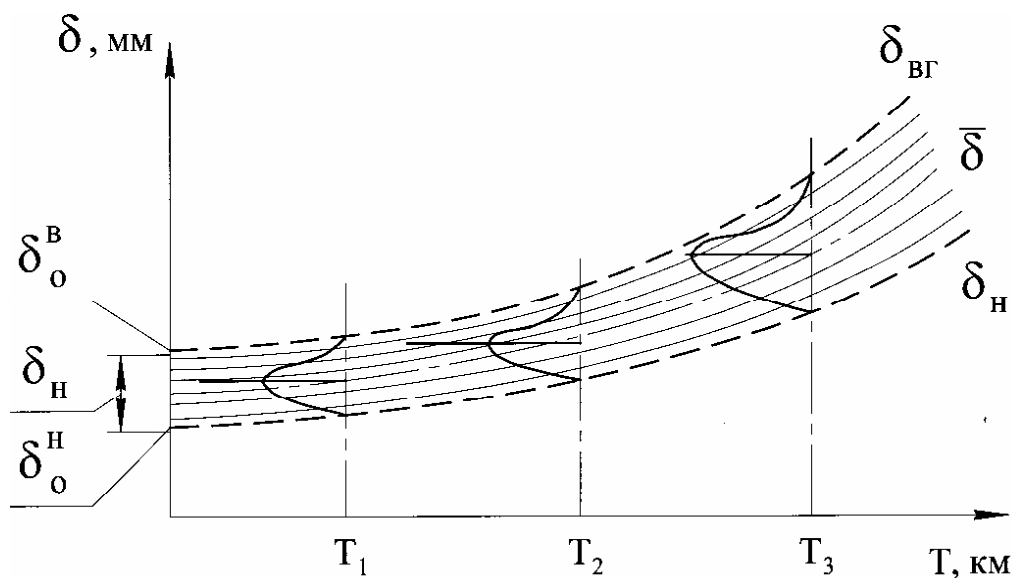


Рис.19. Статистическая характеристика изнашивания рабочей поверхности детали

Результаты измерений формируют три-четыре статистических распределения (по числу рубежей наработок) размеров рабочих поверхностей деталей или величин их изнашивания. Параметры этих распределений (математическое ожидание $\delta_{1,2,3}$ и среднеквадратическое отклонение $\sigma_{1,2,3}$) формируют поле рассеивания размеров поверхности деталей или величин их изнашивания по средним значениям $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ и границам этого поля:

- верхняя граница ($\delta_1+2\sigma_1$; $\delta_2+2\sigma_2$; $\delta_3+2\sigma_3$; $\delta_{\text{вг}}$),
- нижняя граница ($\delta_1-2\sigma_1$; $\delta_2-2\sigma_2$; $\delta_3-2\sigma_3$; $\delta_{\text{нг}}$).

Начало поля рассеивания определяет ширина допуска исследуемой рабочей поверхности – его верхняя точка $\delta_o^{\text{в}}$, среднее значение δ_o и нижняя точка $\delta_o^{\text{н}}$. Конструкция поля рассеивания может быть представлена аналитически – по границам поля и средней линией. Многочлен $\delta = a+bT+cT^2+dT^3$ хорошо описывает название линии. Это поле включает все индивидуальные линии изнашивания рабочих поверхностей исследуемых одноименных деталей. Рассмотренная методика широко используется в практике ремонта при обосновании требований технических условий на дефектацию деталей и при оценке их долговечности. При этом необходимые расчеты механизированы.

Изнашивание рабочих поверхностей деталей, естественно, влияет на качество сопряжений узлов, механизмов, агрегатов машин. Изложенная методика используется при анализе (оценке) технического состояния названных элементов машины. Такой анализ проводится по показателям, которые могут отражать динамику изнашивания поверхностей деталей. Например, для агрегатов трансмиссии – это люфт (суммарная кинематическая ошибка) ведущего вала КП машины на каждой передаче при заторможенном выходном вале; для двигателя – давление в системе смазки, насосе высокого давления дизельного двигателя; снижение количества и неравномерность подачи топлива насосными секциями этого агрегата и т.д. Для машины в целом оценочными показателями являются производительность, трудоемкость ремонта, расход покупных комплектующих изделий, себестоимость выполняемых работ и т.д. (рис. 20).

Важное значение при исследовании процессов изнашивания имеет определение состояния деталей, узлов, агрегатов и машины в целом. Предельным состоянием машины (ее элементов) называется состояние, при котором ее дальнейшее использование нецелесообразно по техническим, экономическим причинам или по соображениям безопасности (в том числе экологической). Достижение этого состояния означает необходимость замены предельно изношенных элементов и их ремонта. Реже предельно изношенный элемент машины выбраковывается без восстановления.

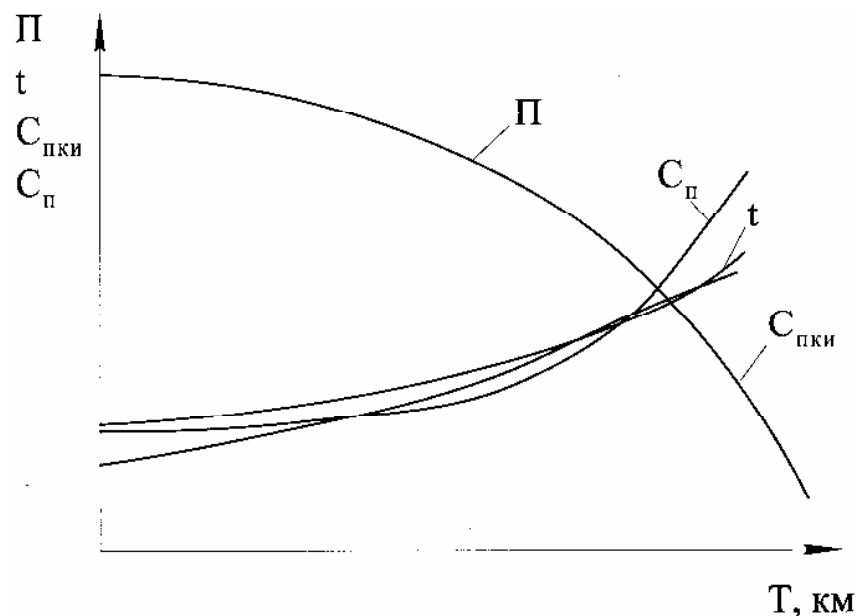


Рис.20. Динамика величин оценочных показателей автомобиля:

Π – производительность автомобиля; t – трудоёмкость обслуживания и ремонта; C_{Π} – себестоимость перевозок; $C_{пки}$ – стоимость покупных комплектующих изделий.

Методы повышения износостойкости деталей

Методы повышения износостойкости машин разнообразны; их осуществление возможно на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации машин:

- повышение сопротивляемости машин внешним воздействиям. Сюда относятся методы создания прочных, жестких, износостойких узлов за счет их рациональной конструкции с целью уменьшения нагрузок. Основными способами повышения износостойкости являются подбор материалов для узлов трения, увеличение твердости контактирующих поверхностей, уменьшение давления трения, улучшение условий смазки, повышение качества поверхностей деталей. Увеличение твердости поверхностей трения, повышение усталостной прочности достигается закалкой, химико-термической обработкой, упрочнением с помощью пластического деформирования, нанесением износостойких наплавов и покрытий и т.д. Эффективной мерой по борьбе с износом является создание неметаллических защитных пленок (фосфатирование, сульфидирование), которые могут повысить износостойкость стальных деталей в десять и более раз;

- изоляция деталей машин от вредных воздействий; осуществляется такими методами, как защита поверхностей от пыли и загрязнений, создание для механизмов специальных температурных условий, применение антикоррозионных покрытий и т.д.;

- применение более совершенных топливно-смазочных материалов, например, топлива с пониженным содержанием серы, синтетических масел с эффективными противоизносными, антикоррозионными и другими присадками;

- применение в машинах автоматических устройств и электроники для саморегулирования, улучшения приспособляемости машины к условиям работы.

2.2 Влияние физико-химических свойств топливно-смазочных материалов на работоспособность машин

В процессе транспортировки, хранения, заправки и использования топлива (бензина, дизельного топлива) происходит изменение его физико-химических свойств.

При длительном хранении бензина в неочищенных, негерметичных резервуарах в летний период происходят значительные изменения его качественных свойств. Так, исследования свойств бензина А-76, полученного с базы нефтеснаба и соответствующего требованиям ГОСТа, после месяца хранения показали существенное ухудшение его физико-химических свойств (табл. 5). Прежде всего, изменился фракционный состав. В результате испарения легких углеводородов повысилась температура начала кипения и выкипания 10 % топлива, увеличилось количество тяжелых углеводородов, что отчасти может быть причиной попадания керосина или дизельного топлива при перевозке. Ухудшение фракционного состава приводит к увеличению интенсивности износа деталей двигателя и нагарообразования в зоне цилиндропоршневой группы, вызывает перерасход топлива.

В исследуемом бензине оказалось повышенное содержание смолистых соединений и органических кислот. Следовательно, повышаются коррозионная активность, осмоление топливоподающей аппаратуры и накопление нагаров в горячих деталях

двигателя. Появление механических примесей вызывает ускоренный износ и нагарообразование.

Таким образом, хотя произошли и небольшие изменения качества бензина, его использование в двигателях приводит к значительному снижению их надежности, уменьшению моторесурса и преждевременному ремонту. Одновременно увеличится расход топлива.

Таблица 5

Физико-химические свойства бензина А-76
после 30-дневного хранения

Показатель	Требования стандарта	Данные паспорта качества	Результаты анализа
Активное число	76 (не менее)	78	-
Фракционный состав: Начало кипения, °С	35 (не ниже)	35	39
Перегоняется при °С:			
10 %	70 (не выше)	69	75
50 %	115	112	115
90 %	180	180	191
конец кипения, °С	195	192	212
Кислотность, мг/100 мл	Не более 3	2,5	4
Содержание фактических смол, мг/100 мл	10 (не более)	9	18
Содержание серы, %	0,10 (не более)	0,08	0,10
Содержание механических примесей	отсутствуют	-	имеются

Особенно высокие требования предъявляются к качеству дизельного топлива, к его чистоте, определяемой отсутствием механических загрязнений, воды, охлаждающих жидкостей. Наличие механических примесей в топливе не допускается. При небрежной перевозке или хранении вместе с топливом в бак машин попадают различные примеси и вода. Размеры частиц, количест-

во и состав включений, попадающих в топливо, разнообразны. Среди них могут быть частицы органического и неорганического происхождения. Наибольший вред приносят абразивные загрязнения кристаллического строения – кварциты и глиноземы (до 60...70% в пыли), имеющие высокую твердость, которые вызывают износ деталей топливной аппаратуры.

Зазоры в плунжерных парах секций насоса и в форсунках между иглой и распылителем составляют 0,0015...0,0025 мм, секции топливного насоса при подаче топлива создают давление до 40 МПа (400 кг/см²), форсунки подают топливо со скоростью 140 м/с. Поэтому к предварительной очистке топлива перед его заправкой предъявляются особые требования.

В насосах, работающих на топливе, загрязненном абразивной смесью (300 г/т) с размером частиц до 2 мкм, после 180 часов работы давление, создаваемое плунжерными парами, снижается на 35...40 %, подача топлива в цилиндры – на 15...17 %.

Данные обследования проб топлива, взятых в цистернах нефтескладов тракторных бригад, показывают, что в них находится механических примесей от 5 до 630 г/т (допускается до 50 г/т); пробы, взятые в баках тракторов после 20 дней работы, содержали примеси в количестве 100...460 г/т. Если учесть, что исправный фильтр тонкой очистки топлива двигателя задерживает на своей поверхности только 400...500 г механических примесей, то становится ясной причина быстрого загрязнения фильтров и снижения качества очистки. Поэтому необходимо удалять механические примеси из топлива до его заливки в баки машин. Очистка топлива перед заправкой специальными фильтрами снижает в нем наличие механических примесей до 10...12 г/т.

Мельчайшие частицы воды, содержащиеся в топливе, в холодное время года образуют кристаллы льда, нарушая подачу топлива и вызывая забивание фильтров. Мутное топливо обязательно содержит воду. Если в топливе есть вода и хотя бы малое количество примесей, оно для работы в быстроходных дизельных двигателях непригодно. Поэтому необходимо полностью удалять воду и примеси из топлива.

Значительные изменения происходят в процессе использования моторных масел. Масло в двигателе, работая при высокой

температуре и высоком давлении, соприкасается с воздухом и продуктами неполного сгорания топлива, с конденсированными парами воды, пылью, проникающей в ДВС, с металлическими поверхностями деталей и продуктами их изнашивания. В процессе старения масла изменяются его физико-химические свойства, в нем накапливаются продукты загрязнения, на деталях двигателя образуются отложения (рис.21). Если образование высокотемпературных отложений (нагаров и лаков) обусловлено главным образом работой двигателя на повышенных температурных режимах и недостаточными моющими свойствами масла, то низкотемпературные отложения (шламы) образуются при поступлении в масло конденсата воды при работе двигателя на пониженных тепловых режимах и недостаточных диспергирующих свойств масла.

Продукты загрязнения масла подразделяют на две основные группы: органические и неорганические. Органические примеси состоят в основном из продуктов неполного сгорания топлива, поступающих в масло из камеры сгорания, а также продуктов термического разложения, окисления и полимеризации. Кроме того, в масло из камеры сгорания попадают вода, соединения серы и свинца. Неорганические примеси состоят из пылевых частиц и частиц износа деталей, продуктов срабатывания бензольных присадок в маслах, а также технологических загрязнений (литейная земля, шлак, металлическая стружка), оставшихся в двигателе после его изготовления.

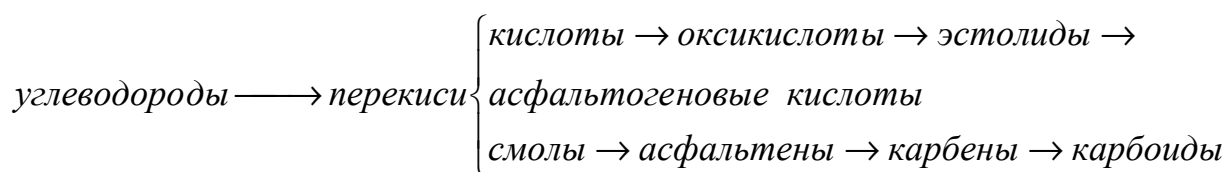
Основными зонами двигателя, в которых происходят процессы изменения свойств самого масла, являются камера сгорания, зона поршня и поршневых колец, зона картера. В камере сгорания вследствие высокой температуры (выше 1000 °С) преобладают процессы сгорания масла с образованием продуктов неполного сгорания (углеродистых частиц), а также процессы термического разложения и окисления масла. Так как температура в верхнем поясе поршня обычно не превышает 220...300°С, а на юбке 120...180 °С, то преобладающими процессами в зоне поршня и поршневых колец являются процессы окислительной полимеризации. Процесс термического разложения наблюдается только в зоне наиболее высокой температуры (в верхней части поршня).



Рис.21.Схема процесса старения моторного масла

Интенсивное разбрызгивание масла с образованием масляного тумана и невысокая температура масла в картере ($\approx 120^\circ\text{C}$) обуславливают изменение масла, связанное с процессом его окисления, а также насыщение проникающими в картер продуктами неполного сгорания топлива и конденсатом паров воды. В состав продуктов неполного сгорания топлива входят серу- и азотсодержащие соединения, карбонильные и карбоксильные группы, углеводороды, сажа, соединения свинца и т. п. Загрязнение масла продуктами сгорания топлива в дизелях в отличие от бензиновых (карбюраторных) и особенно газовых двигателей характеризуется значительно большим количеством сажи.

Процесс окислительной полимеризации масла и попавших в него продуктов неполного сгорания топлива протекает с образованием кислых и нейтральных продуктов:



Смолы, асфальтены, карбены и карбоиды — сложные высокомолекулярные соединения, которые являются продуктами окислительной полимеризации масла.

Смолы — тягучие, полужидкие вещества темно-желтого или коричневого цвета, образуют в масле истинный раствор и придают ему темную окраску. Смолы хорошо растворяются в маслах, петролейном эфире, легком бензине, бензоле и хлороформе, но плохо — в спирте и ацетоне.

Асфальтены — твердые вещества темно-бурого или черного цвета; они образуют в масле коллоидный раствор и придают ему темную окраску. Асфальтены растворяются в нефтяных смолах, бензоле и хлороформе, не растворяются в петролейном эфире и легком бензине.

Карбены и карбоиды внешне отличаются от асфальтенов более темной окраской. Карбены растворимы в сероуглероде, карбоиды нерастворимы ни в каких растворителях.

Растворимыми в масле продуктами загрязнения являются смолы, низкомолекулярные органические кислоты, минеральные кислоты, некоторые соли; нерастворимыми — углеродистые про-

дукты (карбены, карбоиды, сажа), минеральная пыль, продукты износа деталей и др. Асфальтены и оксикислоты, образующие с маслом коллоидные растворы, при пониженных температурах могут выпадать из раствора, переходя в нерастворимую фазу. Асфальтосмолистые продукты, обладая способностью адсорбироваться на поверхности твердых углеродистых и неорганических частиц, также могут выпадать вместе с ними в осадок и задерживаться обычными фильтрами.

Не растворимые в масле продукты загрязнения, включая асфальтены, нерастворимы в петролейном эфире или легком бензине и называются загрязняющими примесями.

Загрязняющие примеси в некотором количестве образуются при изготовлении масла, попадают в него в процессе транспортировки, при хранении и заправке в двигатель. В результате количество загрязняющих примесей в свежих маслах, заправляемых в двигатель, достигает 0,08...0,23 %. Основная часть примесей состоит из выпавшей в осадок присадки. Если в отработанных маслах без присадок загрязняющие примеси содержат до 92 % органических частиц (табл. 6), то в маслах с присадками доля неорганических примесей приближается (а иногда и превышает) к доле органических. В таких случаях масло не имеет вида углеродисто-масляной суспензии, характерной для отработанного масла без присадок.

Таблица 6

Содержание загрязняющих жидкостей

Двигатели	Загрязняющие примеси, %		
	Асфальтены	Карбены, карбоиды, сажа	Несгораемые
Карбюраторные	(3-15)/(6-30)	(20-64)/(38-85)	(30-68)/(10-31)
Дизели	(2-8)/(3-10)	(52-62)/(80-90)	(20-52)/(4-13)
Газовые	(10-22)/(18-37)	(10-18)/(17-28)	(55-85)/(42-58)

Примечание. В числителе указаны загрязняющие примеси в масле с присадками, а в знаменателе - в масле без присадок.

Значительная часть неорганических примесей в маслах с присадками состоит из зольных частиц сработавшейся зольной

присадки. Учитывая это, при использовании масел с зольными, особенно малостабильными, присадками требования к эффективности очистки масла в двигателях не только не снижаются, но даже повышаются, так как зольные частицы выпавшей присадки могут способствовать абразивному изнашиванию деталей и образованию отложений в двигателе. В табл. 6 приведены составы загрязняющих примесей в масле в различных двигателях. Размеры частиц x загрязняющих примесей масла (рис. 22) зависят от его диспергирующих свойств и обычно составляют 0,5...2,0 мкм. Неорганические примеси имеют высокую степень дисперсности, обусловленную проникновением примесей в двигатель через воздухоочиститель, их дроблением в парах трения, а также удалением наиболее крупных частиц фильтрами.

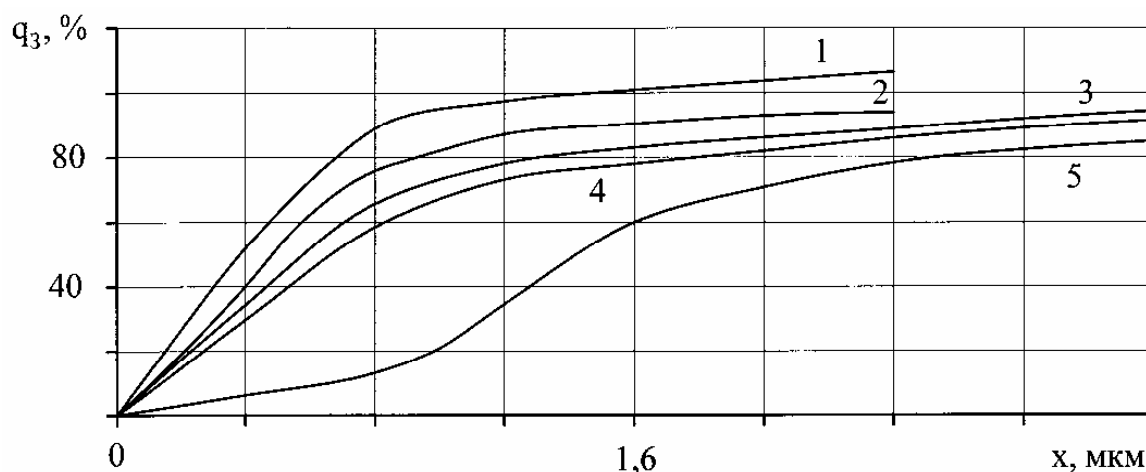


Рис.22. Дисперсный состав загрязняющих примесей (по массе):

- 1 – масло М-6з/10Г1, работавшее в двигателе ВАЗ – 2101;
- 2 – масло АС-8, работавшее в двигателе ЗИЛ-130;
- 3 – масло М-10В2, работавшее в двигателе ЯМЗ-236;
- 4 – масло АС-8, приготовленное специально без присадки, работавшее в двигателе ЗИЛ-130;
- 5 – отложения из центрифуги двигателя ЗИЛ-130

При исследовании дисперсного состава загрязняющих примесей в пробах масла, отобранных из работающего двигателя, методом седиментометрического анализа на суперцентрифуге в лабораторных условиях определили, что размер 80 % частиц не превышает 2 мкм (органические), 1 мкм (неорганические), 0,5 мкм (железо). Однако в работающем масле можно найти отдельные частицы загрязнения, например кварца, размером примерно 100 мкм и более.

Методом электронной микроскопии подтверждены сложный состав частиц загрязнения и высокая степень их разветвленности.

Цементирующее действие асфальтосмолистых продуктов и особенно попадание в масло воды способствуют превращению (коагуляции) частиц загрязнений в крупные конгломераты размерами до 30...40 мкм. Под действием собственного веса эти частицы выпадают в осадок, образуя на деталях двигателя низкотемпературные отложения – шламы. Такому образованию препятствуют диспергирующие присадки в маслах, которые не только не позволяют частицам коагулировать, но и могут размельчать органические частицы в мелкодисперсную фазу вплоть до перевода их в коллоидный раствор (эффект солюбилизации).

Загрязнение масла в работающем двигателе идет непрерывно. На скорость загрязнения масла оказывают влияние множество факторов, прежде всего вид и свойства топлива; качество моторного масла; тип, конструкция, техническое состояние, режим работы и условия эксплуатации двигателя. Любые факторы, которые снижают полноту сгорания топлива и увеличивают прорыв газов в картер, способствуют интенсивному загрязнению масла, особенно органическими примесями. При равной мощности двигателей средняя удельная скорость загрязнения масла в дизелях вследствие повышенного загрязнения масла сажей в два-пять раз больше, чем в бензиновых (карбюраторных), и в 10-20 раз больше, чем в газовых двигателях (табл. 7).

Таблица 7

Средняя удельная скорость загрязнения масла

Двигатели	Средняя удельная скорость загрязнения масла	
	мг/(кВт·ч)	мг/(кВт·км)
Дизели четырехтактные:		
автомобильные	61	1,2-2,0
тракторные	68	-
Дизели двухтактные	95	2,0-3,2
Карбюраторные для автомобилей:		
легковых	20	0,4
грузовых	27	0,9
Газовые	5,4	0,14-0,18

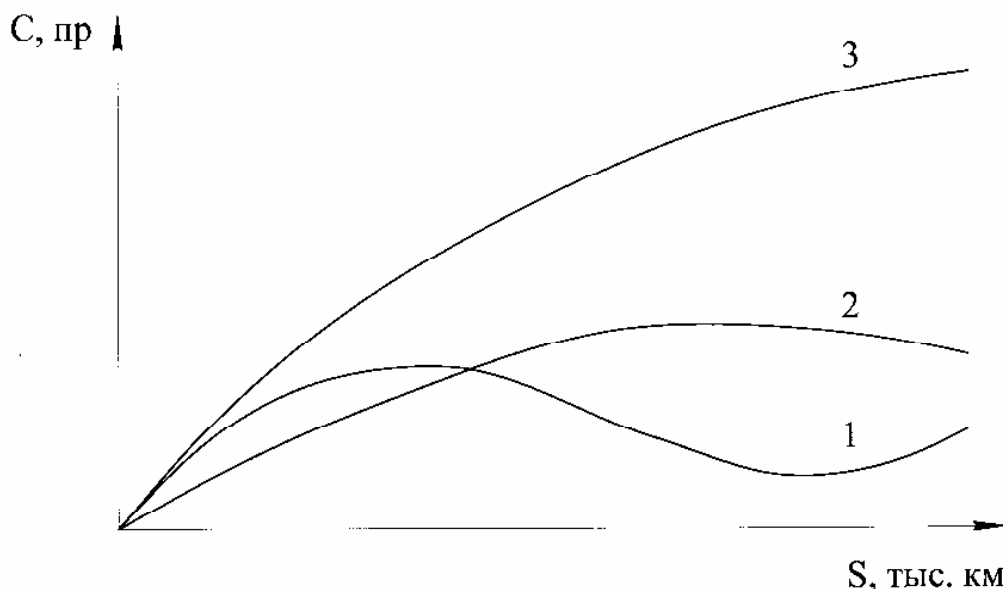


Рис.23. Зависимость содержания нерастворимых примесей в моторных маслах с низким, средним и высоким диспергирующими свойствами (1,2,3 - соответственно) от пробега автомобиля

Особенно сильно загрязняется масло органическими примесями при работе двигателя с малой частотой вращения на холостом ходу, пониженных тепловых режимах, что обусловлено худшими условиями процесса сгорания и относительно высоким прорывом газов в картер непрогретого двигателя. Это в совокупности с конденсацией паров воды и проникновением их в картер способствует образованию шламов и интенсивному загрязнению фильтров.

На скорость загрязнения масла в двигателе влияют форма камеры сгорания (особенно в дизелях), конструкция маслоъемных и компрессионных поршневых колец, наличие и эффективность действия масляных фильтров, воздухоочистителя, масляного радиатора, вентиляции картера, а также диаметр цилиндра, расход топлива, частота вращения коленчатого вала и техническое состояние двигателя.

На степень загрязнения масла в дизелях влияет совершенство рабочего процесса, от которого зависит количество образующейся сажи. Степень загрязнения масла резко возрастает при неисправностях в топливоподающей системе (снижение давления впрыска, засорение сопловых отверстий в форсунках, подтекание форсунок и т.п.), а также при износе деталей цилиндропоршневой

группы, обуславливающим ухудшение уплотнения поршней в цилиндрах и интенсивный прорыв газов в картер.

Специальные изменения, внесенные в конструкцию двигателя с учетом его типа и условий эксплуатации, позволяют значительно уменьшить скорость загрязнения масла.

В двигателях увеличение содержания загрязняющих примесей в масле происходит постепенно и со временем может совсем приостановиться (рис. 24). Это обусловлено поступлением свежего масла при доливках взамен израсходованного, выпадением части продуктов загрязнения в осадок и удержанием их фильтрами. Снижение диспергирующих свойств масла вследствие срабатывания присадки способствует укрупнению частиц загрязнений и более интенсивному удержанию их фильтрами, что отражается на изменении механических примесей в масле, когда с определенного момента их количество может не только не возрасти, но и падать. Особенно это проявляется при попадании в масло воды.

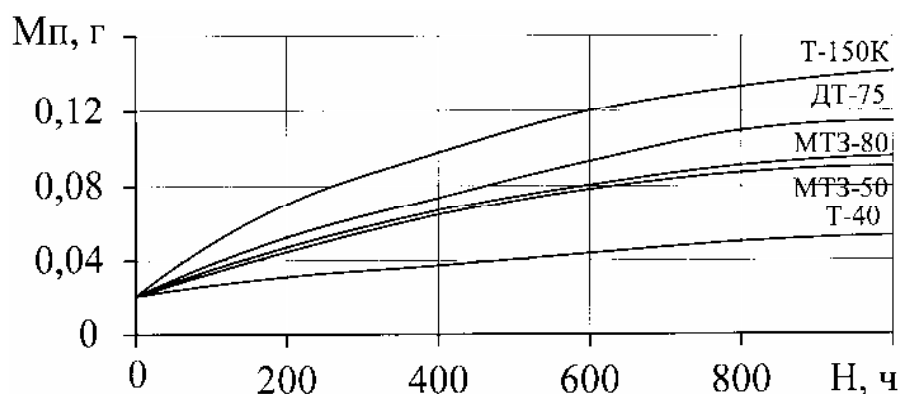


Рис.24. Изменение содержания мехпримесей в испытуемом масле

В современных автомобильных и тракторных двигателях концентрация загрязняющих примесей обычно не превышает 0,6...0,8 % в карбюраторных двигателях и 1...3 % в дизелях, при сроке службы масла 6000...12000 км пробега автомобиля или 240...480 ч работы трактора.

О происхождении органической части нерастворимых загрязнений существуют различные и даже противоречивые мнения. По нашему мнению, на загрязнение масла органическими примесями и образование отложений на деталях двигателя ока-

зывают воздействие как продукты неполного сгорания топлива, так и само масло. Часть продуктов неполного сгорания топлива с самого начала может находиться в масле не в растворенном виде, а, например, в виде отдельных частичек сажи, другая часть – в окисленном растворенном состоянии в виде альдегидов, кислот, смол и т. п. В дальнейшем, подвергаясь совместно с углеводородами масла процессам окислительной полимеризации, альдегиды, смолы, кислоты могут образовать нерастворимые в масле продукты загрязнений. Об участии самого масла в образовании органических загрязнений свидетельствует пример накопления отложений шлака на поршне и загрязнений в масле установки ПЗВ, работающей без топлива и предназначенной для оценки моющих свойств масел.

Однако топливо может играть значительно большую роль в образовании загрязняющих примесей, чем масло, особенно при его работе в двигателе на относительно невысоких температурных режимах и плохом техническом состоянии двигателя, например, при ухудшении рабочего процесса и повышенном прорыве газов в картер. Само масло в результате проявления моюще-диспергирующего эффекта в основном оказывает влияние не на количество, а на агрегатное состояние этих примесей и на возможность их выделения и связывания на поверхностях с образованием отложений. Моюще-диспергирующие свойства масла, оказывая влияние на размер частиц загрязнений, фактически обуславливают степень их выделения в лабораторных приборах, например в фильтрах и центрифугах. При анализе масел на содержание в них загрязняющих примесей прибор может показывать их значительно меньшее количество в масле с более высокими моюще-диспергирующими свойствами.

Преимущественное влияние топлива на образование органических примесей подтверждается следующими фактами:

- при работе двигателей на более легких топливах с большим содержанием водорода количество загрязняющих примесей в масле и отложений на деталях существенно уменьшается. Эта характерная особенность проявляется при переводе двигателей с жидкого топлива на газообразное, притом даже при работе двигателей с такими же коэффициентами избытка воздуха, тепловыми

и нагрузочными режимами. Существенно снижается степень загрязнения масла и деталей и при уменьшении в топливе ароматических углеводородов и серы;

- при использовании этилированных бензинов, а также при введении элементов-индикаторов в топливо практически наблюдается прямо пропорциональная зависимость органических загрязняющих примесей в картерных маслах от содержания в них соединений свинца или других элементов — индикаторов топлива; все, что ухудшает процесс сгорания топлива, вызывает интенсивное загрязнение масла.

Концентрация загрязняющих примесей в масле, как правило, прямо пропорциональна количеству углеродистых частиц в отработавших газах (их дымности) и количеству газов, прорывающихся в картер.

Некоторые из указанных факторов (ухудшение процесса сгорания топлива и интенсивный прорыв газов из камеры сгорания в картер) могут интенсифицировать также процесс окислительной полимеризации масла. Однако резкое (до 10 раз и более) снижение степени загрязнения масла и деталей при переводе двигателей с жидкого на газообразное топливо при одинаковой тепловой и механической напряженности двигателей, а в некоторых случаях (например, в дизелях ЯАЗ-204) и при некотором их увеличении, безусловно, указывает на то, что количество поступающих в масло органических загрязняющих примесей зависит от качества топлива. Это утверждение тем более справедливо, если к топливу отнести и масло, поступающее непосредственно в камеру сгорания при относительно большом его расходе на угар. Установлено, что при работе карбюраторного двигателя на пониженном тепловом режиме около 94 % всех органических примесей в масле являются продуктами неполного сгорания топлива.

Таким образом, на количество органических примесей, поступающих в масло, основное влияние оказывает топливо, а на агрегатное состояние этих примесей и возможность образования из них отложений — масло. Попадание воды в масло влияет не на количество в нем загрязняющих примесей, а на их агрегатное состояние и возможность выделения их в виде низкотемпературных

отложений в двигателе, а также выделений в приборах при анализе количества загрязняющих примесей в масле.

В практике эксплуатации тракторов в с.-х. производстве при выполнении ими различных видов работ отмечается различная степень загрузки, т.е. использования мощности двигателя, колеблющаяся в пределах 40...90 % от номинальной мощности.

Для изучения влияния степени загрузки двигателя были проведены стендовые испытания двигателя Д-50 трактора МТЗ-50 в количестве восьми 100-часовых циклов на режимах: 20, 40, 60, 80 и 100 % от номинальной мощности и один смешанный цикл с меняющейся загрузкой двигателя. Применялось топливо дизельное с содержанием серы до 0,5 %, а в качестве моторного масла использовалось масло ДС-11 с 6% присадки ВНИИНП-360 (М10Б).

Анализ результатов исследований проб масел и отложений с маслофильтров, а также состояние деталей двигателей после каждого цикла показали, что загрузка двигателя в значительной степени влияет на изменение качества моторного масла. Причем большее изменение показателей масла происходит при большей загрузке двигателя. В частности, если скорость накопления механических примесей в моторном масле почти не зависит от продолжительности его работы по циклам, то интенсивность их образования и общее количество их в масле значительно различаются по циклам в зависимости от степени загрузки двигателя. Наибольшее их накопление происходит в масле с циклами при работе двигателя с большей загрузкой. Если возрастание механических примесей за 100 часов в цикле с 20 % загрузкой произошло с 0,015 до 0,060 %, то в цикле с полной загрузкой мощности содержание механических примесей возросло с 0,026 до 0,520 %.

Аналогичное изменение отмечается и по содержанию смол, асфальтенов, карбенов и карбоидов. Это следует объяснить фактором повышения тепловых, динамических нагрузок, в результате воздействия которых оказывается более значительное влияние на окисление масла.

Содержание присадки, судя по щелочности масла (рН), также снижается интенсивнее в циклах с большей степенью загрузки двигателя, причем наиболее сильно в первые часы работы масла.

Изменение количества щелочного компонента присадки в зависимости от продолжительности работы масла по циклам на различных режимах в первые 20 часов работы масла идет с наибольшей интенсивностью, составляя 33...37 % от общего его расхода за 100 часов. В последующее же время работы масла интенсивность расходования щелочного компонента снижается. Значительное снижение нейтрализующей части присадки в первые часы работы масла, при отмечаемом малом изменении содержания бария, свидетельствует о том, что нейтрализующая часть присадки расходуется на нейтрализацию продуктов окисления самого масла, которые образуются наиболее интенсивно в первые часы работы, ибо каждые последующие 20-часовые интервалы работы двигателя одинаковы между собой. При этом удельный расход щелочного компонента присадки, отнесенный по каждому циклу на одну лошадиную силу или на каждые израсходованные 100 кг топлива для циклов с загрузкой двигателя 60; 80 и 100 % от номинальной мощности, составляет 0,8 г, а на каждые 100 кг топлива – 4,0 г. Исключение составляют первые два цикла с малой загрузкой двигателя, где удельный расход присадки несколько выше. Это объясняется ухудшением процесса сгорания топлива и образованием в связи с этим большего количества продуктов неполного сгорания, на нейтрализацию которых требуется большее количество присадки.

Износ деталей также возрастает пропорционально степени загрузки двигателя, т.е. чем выше динамические усилия на трущиеся детали, тем в большей степени они изнашиваются.

В процессе эксплуатации машин, с ростом их наработки происходит загрязнение масла механическими примесями.

На рис. 25 показан график накопления механических примесей в моторном масле в зависимости от наработки. Наиболее интенсивное накопление мехпримесей происходит в первые 100-200 часов работы масла, затем процесс начинает стабилизироваться и количество удерживаемых масляной центрифугой мехпримесей можно считать постоянным. Эта экспериментальная закономерность имеет характер показательной зависимости:

$$G_T = k (1 - e^{-at}) + M, \quad (17)$$

где G_t – содержание мехпримесей в зависимости от наработки; k , a – аналитические коэффициенты; M – содержание мехпримесей в свежем масле.

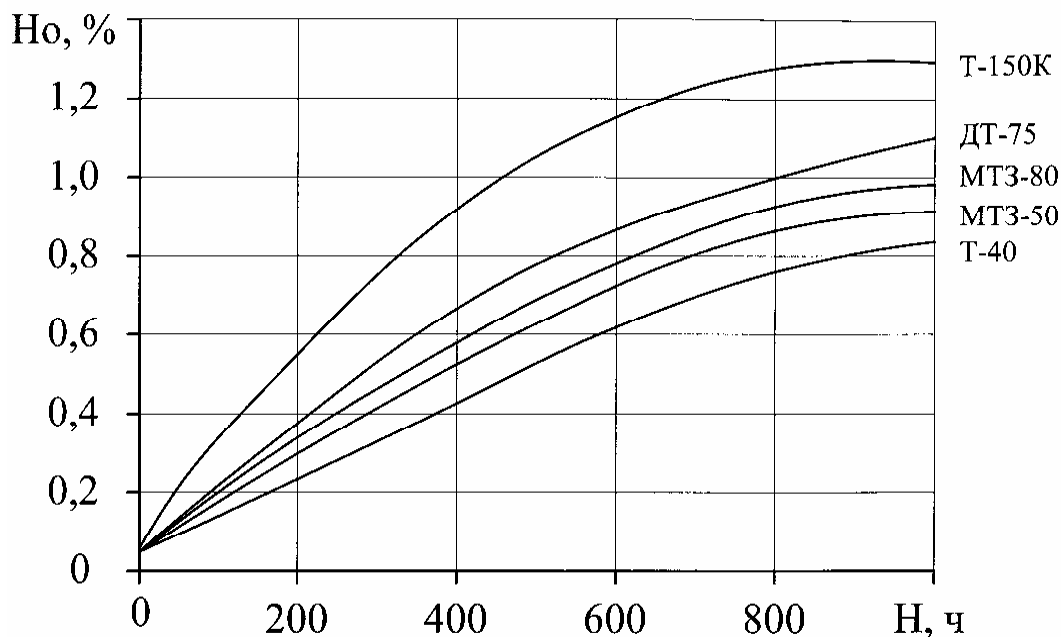


Рис.25. Изменение содержания не растворимого осадка

Аналогичные закономерности загрязнения масел имеют место при эксплуатации гидросистем тракторов (рис.26).

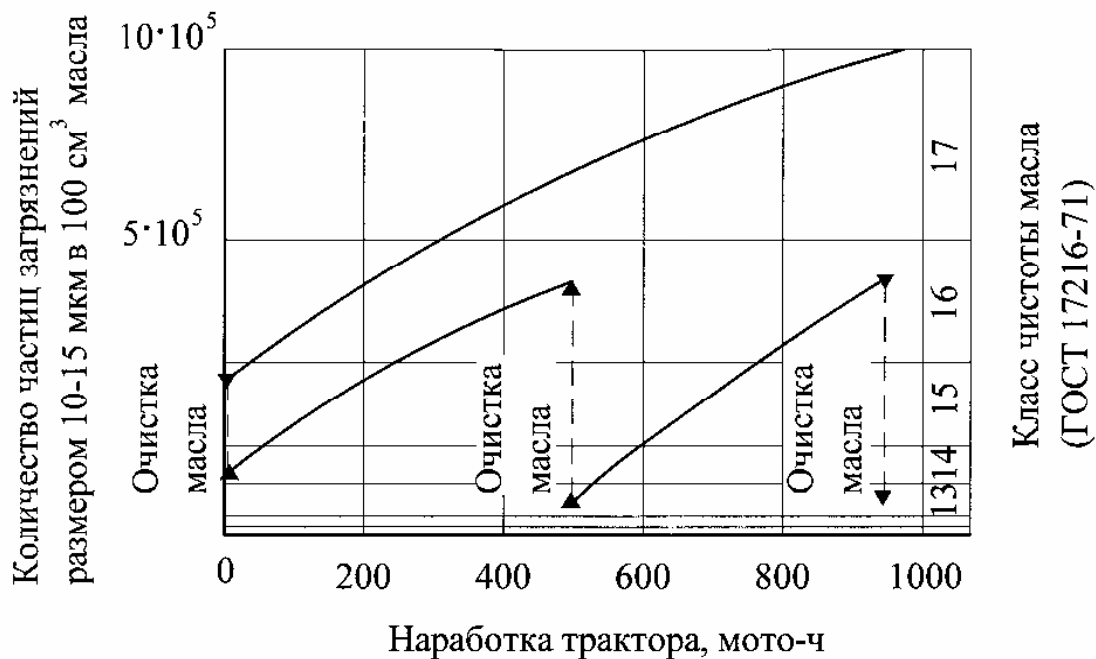


Рис.26. Динамика загрязненности масел гидросистем навесного оборудования тракторов Т-150К при обслуживании их в соответствии с заводской инструкцией по эксплуатации (1); с периодической очисткой масла (2)

Долговечность и безотказность машин определяются износостойкостью деталей, узлов трения. Износостойкость закладывается при проектировании, обеспечивается при изготовлении, а реализуется при эксплуатации машин. Установлено, что машины, их узлы и агрегаты достигают предельного состояния не в результате утраты деталями жесткости или прочности, а главным образом из-за износа их рабочих поверхностей. Преждевременный износ узлов трения во многом обусловлен применением неработоспособных масел, что предопределяет увеличение интенсивности износа деталей на два-три порядка. По данным ВНИИНП и других исследователей, 80...90 % отказов и преждевременных износов узлов трения связано с неправильным назначением и использованием смазочных материалов.

Главной причиной низкого качества приобретаемых свежих моторных масел является их загрязнение водой при транспортировании и хранении. Хранение масел при наличии 0,1 % воды от объема масла приводит к гидролизу, то есть к потере активности до 40 % нестабильной части присадок, в первую очередь диспергирующе-стабилизирующей присадки.

В условиях предприятий основной задачей является сохранение качества масел – исключение случаев загрязнения их водой, топливом, абразивными частицами, а также смешивания с другими типами масел.

Анализ фактического состояния масел, проведенный сотрудниками ВИИТиН на нефтескладах предприятий Тамбовской области, свидетельствует, что качество масел не соответствует ТУ хотя бы по одному из показателей (табл. 8).

Проведение в 2000-2006 гг. обследования качества моторного масла у автомобилей в городах и на трассах Челябинской области и сплошное обследование на предприятиях позволили установить фактическое качество эксплуатируемых моторных масел. Всего было отобрано около 70 проб из картеров дизельных и бензиновых двигателей импортного и отечественного производства. Наличие охлаждающей жидкости в масле отмечено у 72 % проб. Диапазон ее концентрации находился в пределах 0...3 %. По данному показателю 53 % проб не соответствовали требованиям.

Таблица 8

Качество масел на нефтескладах предприятий Тамбовской области

Район	Температура вспышки в открытом	Кинематич. вязкость при 100°С, мм ² /с	Щелочное число, мгКОН/г	Кислотное число мгКОН/г
Мордовский	172	9,90	3,70	0,75
Мичуринский	183	10,96	6,06	0,93
Пигаевский	195	10,80	5,28	0,50
Инжавинский	212	8,25	6,28	1,45
Тамбовский	192	11,24	5,47	0,32
ГОСТ 8581-78	205...220	11±0,5	Не менее 6,0	Не нормируется

Доля проб масел, загрязненных топливом, составила 60 %. Наблюдалось существенное различие состояния масел по данному показателю у бензиновых и дизельных ДВС. У первых топливо в масле присутствовало в 98 % проб, у вторых – в 30 % проб. Диапазон наличия топлива в масле бензиновых двигателей составил от 0 до 5% (в среднем – от 0,5 до 2,0 %). По данному показателю признаны годными к дальнейшей эксплуатации только 19 % масел.

По результатам загрязнения масел охлаждающей жидкостью, топливом, абразивными частицами пригодными для эксплуатации оказались только 57 % дизельных двигателей. У бензиновых двигателей требовалась 100 % замена масел.

Проведенные исследования свидетельствуют, что из-за загрязнения масла поступление двигателей в капитальный ремонт происходит после 5...80 тыс. км пробега автомобилей вместо 100...200 тыс. км по нормативам.

Глава 3

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН

3.1. Современное обеспечение работоспособности машин

В современном производстве сельскохозяйственной продукции применяют тысячи наименований различных видов машин, оборудования, аппаратов, приборов. Они, при работоспособном состоянии, обеспечивают высокую производительность, требуемое качество технологических операций и, как следствие, получение необходимого объема и качества продукции с достаточным уровнем рентабельности ее производства.

В процессе эксплуатации техническое состояние машин постепенно ухудшается, они становятся неработоспособными, физически и морально стареют. Их нужно регулярно обслуживать, ремонтировать по потребности, выбраковывать и заменять новыми. Эти работы призвана обеспечивать система технического обслуживания и ремонта машин (СТО и Р).

Главными задачами ее реализации при использовании машин являются: *поддержание работоспособности* машин путем своевременного и качественного технического обслуживания, хранения в нерабочий период; *восстановление* работоспособности путем проведения текущих и капитальных ремонтов машинам, их модернизации; *своевременная замена* машин на новые в случае экономической нецелесообразности восстановления их работоспособности, физического или морального старения.

Эффективность использования машинного парка по назначению базируется на надежности машин и оборудования, которая обеспечивается в процессе их производства, эксплуатации, обслуживания и ремонта:

- совершенством конструкции и высоким качеством изготовления;
- своевременным и качественным выполнением технического обслуживания и ремонта (ТОР);
- использованием регламентированных топливно-смазочных материалов (ТСМ), тормозных и охлаждающих жидкостей (ТОЖ), запасных частей и узлов из обменного фонда;

- соблюдением государственных стандартов по режимам, условиям использования, обслуживания и ремонта;
- продолжительностью использования относительно нормативного срока службы, объемом и показателями наработки.

За годы реформирования экономики страны ежегодное поступление новых машин в сельском хозяйстве, дорожном строительстве, в автотранспортных предприятиях уменьшилось в 10...20 раз. Например, темпы обновления тракторов (в пределах 0,7...0,8 вместо требуемых 10...12%) предопределяют сокращение их количества в два раза – до 750 тыс. шт. Большинство эксплуатируемых тракторов используется 14...16 лет, что практически в полтора-два раза превышает нормативный срок службы; как следствие – коэффициент исправности тракторов не превышает 70%. Зерноуборочных комбайнов в сельском хозяйстве насчитывается около 270 тыс., а коэффициент исправности их находится в пределах 0,6. Аналогичное положение по автомобильному парку машин на сельскохозяйственных предприятиях.

По этим причинам объем механизированных и транспортных работ по сельскому хозяйству России сократился к настоящему времени в четыре раза по сравнению с 1970 годом. Объем производства сельскохозяйственной продукции в связи с этим уменьшился в два раза, из севооборота выведено более 30 млн га пашни.

Произошло критическое ослабление инженерных служб в связи с ухудшением количественного и качественного состава инженерных работников, механизаторов, практически деградировала материально-техническая база по эксплуатации машин: ремонтные мастерские, посты обслуживания, машинные дворы, оборудование для ТО и Р машин. Ранее мощная техническая база «Сельхозтехники», в которую в связи с преобразованием системы ремонтно-обслуживающих воздействий (текущего и капитального ремонта, сложных видов ТО тракторам, комбайнам и автомобилям) в 1970-е годы были вложены финансовые средства в несколько сотен миллиардов рублей, практически от обслуживания сельского хозяйства устранилась.

Отсутствие финансовых ресурсов у большинства сельскохозяйственных предприятий в связи с диспаритетом цен на сель-

скохозыайственную и промышленную продукцию, убыточностью и низкой рентабельностью производства, уменьшением объемов капитальных вложений в АПК за годы реформ в 20 раз, изъятие из сельского хозяйства в другие отрасли экономики более 200 млрд деноминированных рублей – все это предопределило резкое снижение механизации производственных процессов, обострило организационно-экономические и технические проблемы обеспечения работоспособности парка имеющихся машин.

При сохранении существующих экономических направлений в предстоящие 10-15 лет оставшийся парк машин (около 50%) будет состоять на 60...70% из амортизированной техники. В этих условиях основным направлением сохранения технического потенциала растениеводства является восстановление и поддержание работоспособности машин на основе увеличения трудоемкости РОВ, их необходимого финансирования и материального обеспечения. Поэтому реализация основных нормативов системы технического обслуживания и ремонта, ее соответствие конкретным условиям эксплуатации техники и сложившейся производственно-технической ситуации являются необходимым условием обеспечения работоспособности техники.

3.2. Этапы развития систем технического обслуживания и ремонта машин

К настоящему времени достаточно полно определены основные функции системы технического обслуживания и ремонта (СТО и Р) машин, которые включают в себя:

- 1) приемку машин – новых или капитально отремонтированных;
- 2) эксплуатационную обкатку машин;
- 3) систему периодических технических обслуживаний (совместно с диагностированием);
- 4) систему текущих и капитальных ремонтов;
- 5) хранение машин в нерабочий период;
- 6) обеспечение топливно-смазочными материалами необходимой номенклатуры и качества;
- 7) процессы дефектовки и списания при реализации на вторичном рынке.

Развитие систем технического обслуживания обязано трудам Ю.С. Борисова, Г.В. Веденяпина, Д.П. Великанова, В.В. Ефремова, В.И. Казарцева, Г.В. Крамаренко, Е.С. Кузнецова, С.Р. Лайдермана, И.П. Полканова, А.И. Селиванова, М.П. Сергеева, И.Е. Ульмана, Е.А. Чудакова.

В настоящее время в различных отраслях народного хозяйства за основу принята планово-предупредительная система, предусматривающая принудительное выполнение определенных операций технического обслуживания машин и оборудования. Эта система стала результатом длительного, весьма трудного развития системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) оборудования в промышленности. История развития ППР интересна с точки зрения использования ее опыта при совершенствовании систем технического обслуживания машин на основе применения современных методов исследования. Кратко остановимся на основных этапах развития.

3.2.1. Система обслуживания и ремонта промышленного оборудования

Первый этап (1923-1931 гг.) связан с поисками методов рационализации ремонтного хозяйства в промышленности.

Второй этап (1931-1940 гг.) характеризуется созданием различных методов планового ремонта оборудования и частичным внедрением их в промышленности.

Третий этап (1933-1948 гг.) начинается с разработки и первых опытов практического применения системы ППР, базирующейся на периодическом выполнении плановых ремонтов. Термин ППР определяет характер ремонта, при различных организационных формах его осуществления.

В период 1933-1938 гг. в промышленности получает широкое распространение система послеосмотровых ремонтов. Основной недостаток ее заключался в том, что планирование ремонтов осуществлялось на основе субъективной оценки технического состояния оборудования, так как критериев, пользуясь которыми можно было бы точно определить потребность в ремонте, система не устанавливала, и считалось, что установить их практически невозможно.

Сущность системы стандартных ремонтов, обоснованной в 1932 году А.Г. Поповым, заключалась в следующем:

- принудительный вывод оборудования на ремонт в определенные сроки независимо от его состояния;
- принудительная замена деталей оборудования в установленные сроки;
- производство ремонта по заранее разработанным инструкционным картам, дающим полное содержание ремонта, объем его и прием выполнения всех ремонтных операций.

По мнению Ю.С. Борисова, «система стандартных ремонтов выгодно отличалась от системы послеосмотровых ремонтов методикой планирования ремонтов, вызвала большой интерес и привлекла внимание ремонтников». Однако при первых же попытках практического внедрения системы на заводах выявились серьезные недостатки, заключающиеся в следующем. Сроки принудительной замены деталей устанавливаются на основе изучения их износа. Исходя из сроков их службы, полученных путем наблюдения за износом деталей, устанавливаются и сроки выполнения принудительного ремонта и его содержание. Следовательно, возможность практического осуществления системы зависит от того, насколько реальны устанавливаемые сроки службы деталей.

Применительно к основной части парка заводского оборудования сроки износа деталей далеко не одинаковы. По этой причине окончилась полной неудачей предпринятая исследовательская работа по изучению износа деталей.

Определение срока службы деталей проводилось тремя методами:

- а) технико-статистическим, то есть выборкой данных о сроках службы деталей из документов предприятий;
- б) испытанием запасных деталей на износ в производственных условиях;
- в) испытанием деталей на износ в лабораторных условиях.

Предпринятые в довольно широких масштабах попытки внедрения системы стандартных ремонтов на металлообрабатывающих заводах не увенчались успехом. Стало очевидным, что данную систему можно применять к отдельным машинам, рабо-

тающим с постоянными нагрузочными режимами, т.е. в стационарных условиях. Таким образом, в общем правильные идеи системы стандартных ремонтов, основанной на изучении износа деталей и предупредительной их замене, оказались нежизнеспособными по причине отсутствия методов определения допустимых при ремонте размеров деталей и периодичности их замены с учетом рассеивания технического ресурса.

Одновременно с разработкой системы стандартных ремонтов стали разрабатывать основные положения системы планово-предупредительных периодических ремонтов (1933 г.).

Методика ее заключалась в следующем. Проведенные на заводах наблюдения за износом станков позволили установить периодичность ремонтного цикла. Дальнейшей задачей являлось установление периодов между входящими в состав ремонтного цикла плановыми ремонтами. Периодичность плановых ремонтов должна устанавливаться на основе следующих двух условий:

- 1) периоды между ремонтами должны быть такими, чтобы вся основная потребность оборудования в ремонте удовлетворялась плановыми ремонтами, то есть чтобы от одного периодического ремонта до другого оборудование работало безотказно и требовало бы минимума ремонтных работ, сводящихся к устранению мелких дефектов, регулировке и несложной замене отдельных деталей с особо короткими сроками службы;

- 2) установленные периоды между ремонтами должны быть экономически оправданными.

Расчет оптимальных периодов между ремонтами осложняется рядом обстоятельств. Представляется несомненным, что возрастание объема ремонтных работ (с увеличением периодов между ремонтами) с некоторого момента имеет прогрессивный характер. Однако выявить эту закономерность весьма трудно. По мнению специалистов, значительно проще подойти к решению этой задачи чисто практически, то есть путем опытного подбора периодов между ремонтами, обеспечивающих бесперебойную работу оборудования. Последующее определение объема ремонтных работ, затрат на ремонт и простоев оборудования при ремонтах и сравнение их с такими же показателями при больших и меньших периодах между ремонтами позволяет проверить, насколько выбранные периоды экономически оправданы.

Приведенная характеристика развития системы планово-предупредительного ремонта, данная одним из ее авторов – Ю.С. Борисовым, убедительно показывает отсутствие теоретических разработок, на основе которых можно было бы за короткий срок построить экономически оправданный вариант планово-предупредительной системы ремонта промышленного оборудования.

3.2.2. Система обслуживания и ремонта автомобилей

Поиски рациональной системы технического обслуживания автомобилей также имеют свою историю, обусловленную развитием как автомобильного транспорта, так и систем планово-предупредительного ремонта оборудования в промышленности.

До создания собственной автомобильной промышленности в нашей стране автохозяйства с числом автомобилей более 100 составляли редкое исключение. Никакой единой системы обслуживания автомобилей не существовало. Все обслуживание обычно сводилось к выполнению водителями уборочно-моечных и смазочных операций. Остальные операции выполнялись по потребности. Но уже в то время были предприняты первые попытки рациональной организации автохозяйств. С этой целью в 1924 г. был издан «Сборник руководящих указаний по содержанию, эксплуатации и владению автотранспортом». В 1925 г. выходит первая научная работа специальной комиссии Центрального управления местного транспорта (ЦУМТ), которая обобщила небольшой практический опыт автотранспортных хозяйств.

В данной работе впервые была дана классификация автохозяйств с учетом количественного состава, грузоподъемности автомобилей и литража двигателей. Приводятся данные, характеризующие трудоемкость ремонтных работ (термин «техническое обслуживание» в то время не применялся), затраты на ремонт и количество ремонтных рабочих.

Особого внимания заслуживают указания комиссии относительно выбора оптимального количества ремонтных рабочих и оборудования мастерских. «Ввиду известной неопределенности в характере ремонтной работы является невозможным так организовать ремонтную часть, чтобы, с одной стороны, не получилось простоя оборудования и рабочих, и, с другой, не было лишнего

простоя автомобилей в ожидании ремонта. А так как этот простой автомобилей весьма сильно удорожает стоимость ремонта, то, очевидно, для наиболее экономичного проведения ремонта мастерские должны быть рассчитаны с известным запасом как в смысле оборудования, так и рабочей силы. Оплата появляющегося при этом простоя станков и рабочих будет с выгодой покрываться той экономией, которая получится от уменьшения простоя автомобилей».

По данным института экономики и организации промышленного производства АН СССР, в целом по народному хозяйству ущерб, причиняемый внутрисменными простоями, составлял 8-10 млрд руб. По данным Д.П. Великанова, на профилактическом обслуживании и текущем ремонте автомобилей в стране было занято около 800 тыс. рабочих и примерно 200 тыс. водителей. Фактические расходы на зарплату составляли около 60 % всех расходов на техническое обслуживание.

Следует отметить и тот факт, что уже на ранней стадии механизации народного хозяйства СССР авторы подметили процесс старения машин и обосновали *дифференцированный подход* при определении затрат на ремонт автомобилей в зависимости от их возраста.

Массовое производство автомобилей в СССР началось после 1932 года, когда вступили в строй Горьковский и Московский автомобильные заводы. С ростом автомобильного парка страны и его значения в народном хозяйстве еще более острой стала проблема разработки системы технического обслуживания автомобилей. Эту работу стали проводить различные ведомства, используя накопленный опыт в промышленности и сельском хозяйстве.

Положение дел на автотранспорте требовало принятия срочных мер. Так, в приказе Центрального управления шоссейных и грунтовых дорог и автомобильного транспорта (ЦУ ДОП-ТРАНС) при СНК СССР от 5 сентября 1933 года отмечалось: «Недостаточное внимание к организации технической службы, отсутствие надлежащего ухода за машиной и планово-предупредительных ремонтов привело к резкому снижению коэффициента использования парка и повышению себестоимости автоперевозок. К ремонту приступают лишь тогда, когда машины

оказываются неработоспособными, следствием чего является увеличение объема ремонта, колоссальные простои машин как в самом ремонте, так и в ожидании ремонта, при наличии сниженных норм ремонта, ведущих к ухудшению состояния автопарка». А приказом от 28 сентября 1933 г. ЦУ ДОРТРАНС предлагает «ввести во всех без исключения автохозяйствах СССР как обязательное правило систему планово-предупредительных ремонтов».

О том, как была разработана данная система, ясно из выдержки из руководящих материалов ЦУ ДОРТРАНСА по ремонту: «В соответствии с основными установками по ремонту автомобиля принимаются нижеследующие межремонтные пробеги для разных видов ремонта и для разных типов машин. Пробеги эти являются приближенными; они основаны не на научно-исследовательской работе, при которой происходит всестороннее изучение машины и выявляются все ее положительные и отрицательные конструктивные качества, а на материалах с мест, то есть на основе тех практических данных, которые приняты во многих хозяйствах, где система планово-предупредительных ремонтов начинает прививаться. Последующий опыт и работа исследовательских институтов в области определения межремонтных пробегов должны будут послужить в дальнейшем тем материалом, на основе которого приведенные пробеги подвергнутся корректировке». Сущность этой системы можно видеть на примере системы ремонта автомобилей АМО-3 (табл.9).

Таблица 9

Система ремонта автомобилей АМО-3

Вид ремонта	Межремонтный пробег, км	Трудоемкость (зависит от со- стояния автомобиля), чел.-ч	
		новый	старый
№ 0	Ежедневно в среднем через 130	0,5	0,65
№ 1	650	17	20
№ 2	13000	250	275
№ 3	39000	800	850
Случайный (на цикл)	-	113	127

Необоснованность периодичности и объема ремонтных работ привела к тому, что уже в скором времени система ППР автомобилей подверглась критике, в результате которой под влиянием системы послеосмотровых ремонтов решением конференции по нормативам на автомобильном транспорте, состоявшейся в 1936 году, принудительное выполнение ремонта было отменено. А в результате проведенной дискуссии в 1937-1938 гг. на страницах журнала «Мотор» произошло выделение особой группы работ «по обслуживанию» (крепежных, регулировочных, смазочных и пр.), выполнение которых должно было быть принудительное.

Таким образом, остается констатировать тот факт, что системе предупредительных ремонтов на автотранспорте постигла участь системы стандартных ремонтов в промышленности лишь из-за отсутствия научных методов построения этих систем.

Дальнейшее развитие уже так называемой системы технического обслуживания и ремонта происходило под влиянием внедрения в промышленность системы планово-предупредительных периодических ремонтов. В течение 1938-1939 гг. научно-исследовательским институтом городского транспорта при Мосгорисполкоме была разработана простая и надежная система технического обслуживания автобусов ЗИС-8.

Накопление и систематизация опытных данных по техническому обслуживанию автомобилей способствовали появлению серии Положений. В 1943 году наркомат автомобильного транспорта РСФСР утвердил Положение о профилактическом обслуживании автомобилей, включающем ежедневное обслуживание, первое и второе технические обслуживания, текущий, средний и капитальный ремонты.

В 1947 году Министерство автомобильного транспорта и шоссейных дорог РСФСР утвердило Положение о профилактическом обслуживании и ремонте автомобилей. В нем впервые предусматривалось изменение периодичности технического обслуживания в зависимости от условий эксплуатации. Положением 1949 г. периодичность технического обслуживания увеличилась почти в два раза.

Развернутая в 1953 г. журналами «Автомобиль» и «Автомобильный транспорт» дискуссия показала, что некоторые министерства и ведомства, приняв за основу планово-предупредительную систему, установили номенклатуру видов технического обслуживания, периодичность и объем работ, отличающиеся от рекомендуемых Положением 1949 года, или применяли другую систему с элементами принудительного ремонта (например, Министерство внутренних дел).

Очень интересным было предложение технического совета Ленинградского облавтотреста, который не одобрял выделение «особой группы работ по техническому обслуживанию». Это предложение заслуживает дословного цитирования: «Техническое обслуживание автомобилей, осуществляемое в соответствии с этим положением (1949 г.) и состоящее в основном из контрольных операций, не представляет собой законченной технологической схемы, если в него не включено устранение неисправностей, обнаруженных при осмотрах автомобилей».

Практика показала, что во время технического обслуживания (ЕУ, ТО-1, ТО-2) возникает необходимость в ремонтных работах в том или ином объеме, например, притирка клапанов, наклепка тормозных накладок и др. С другой стороны, устранение неисправностей, выявленных в процессе контрольных осмотров по прибытии автомобиля с линии, и связанные с ним ремонтные работы обычно содержат те или иные операции технического обслуживания и исключают необходимость выполнять их отдельно. Невозможность разграничения работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту, потребность в котором возникает во время обслуживания, особенно при ТО-2, свидетельствует о нецелесообразности выполнения этих работ раздельно бригадой по техническому обслуживанию и бригадой по текущему ремонту.

Таким образом, разделение ЕУ, ТО-1, ТО-2 и текущего ремонта, а также планирование затрат отдельно на техобслуживание и текущий ремонт являлось искусственным, нежизненным и не отвечало требованиям развития автомобильного транспорта. Поэтому целесообразно стало в объем работ по ЕУ, ТО-1, ТО-2 включать также ремонтные операции, потребность в которых выявляется при проведении технического обслуживания, кроме ра-

бот, связанных со сменой агрегатов и узлов. Участники техсовета совершенно правильно подчеркнули органическую связь всех операций и предложили включить так называемые «ремонтные операции» в объем работ по техническому обслуживанию.

А. Куканов, основываясь на увеличении объема работ по мере нарастания пробега автомобилей, предложил установить, наряду с ежедневным уходом, технические обслуживания № 0; 1; 2; 3, которые должны были производиться в принудительном порядке соответственно через $1/64$, $1/32$, $1/16$ и $1/8$ общей величины межремонтного пробега, принятого для данных условий эксплуатации. Технические обслуживания № 2, 3 должны включать ремонтные операции с заменой изношенных деталей, что позволяло, по мнению автора, отказаться от существующего понятия «текущий ремонт» и превратить его в плановый.

К сожалению, не было даже попытки дать более строгое обоснование этих предложений. Результаты дискуссии послужили основанием для включения в Положение о техническом обслуживании и ремонте автомобилей 1954 г. четвертого вида обслуживания (сезонного) и очередного увеличения периодичности технического обслуживания, среднего и капитального ремонта.

Изучение опыта автохозяйств, исследования, проведенные различными организациями, показали, что установленные режимы технического обслуживания имеют много недостатков. Поэтому в декабре 1962 г. было утверждено новое Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта, разработанное НИИАТом.

Положение предусматривало применение агрегатного метода ремонта, исключало сезонный вид обслуживания и средний ремонт, значительно сокращало объем работ и увеличивало периодичность обслуживаний, устанавливаемую для трех категорий дорожных условий.

Разработке этого Положения предшествовали уже более глубокие исследования, в результате которых был сделан весьма важный вывод: применение единых режимов для разнообразных условий эксплуатации автомобилей и их технического состояния не может быть оправдано ни с экономической, ни с технической точек зрения. Поэтому принципиальное отличие нового Положе-

ния от предшествующих заключается в том, что оно дает методику корректирования режимов технического обслуживания применительно к конкретным условиям эксплуатации. Основа этой методики была разработана еще в 1956 году Г.В. Крамаренко, выдвинувшим принцип оптимальности режимов технического обслуживания.

Сводится данная методика к следующему. Приняв за исходное значение периодичность обслуживания, установленную на первом этапе лабораторного исследования, для группы примерно одинаковых по техническому состоянию автомобилей одной модели следует организовать учет всех расходов по их техническому обслуживанию и ремонту за определенный период эксплуатации. Сопоставление суммарных расходов на единицу пробега при различных значениях периодичности определит оптимальную периодичность технического обслуживания.

Недостатки этого так называемого технико-экономического метода были очевидны, и сам автор пришел к выводу, что «современный уровень научных исследований в области технического обслуживания и ремонта автомобилей пока еще не дал метода определения оптимальных режимов». И тем не менее, благодаря своей простоте технико-экономический метод нашел широкое применение в нашей стране и за рубежом.

В основу разработки Положения 1962 года были положены и другие методы, анализ которых достаточно четко дан в работах Е.С. Кузнецова. К наиболее важным методам определения периодичности технического обслуживания относится определение по закономерности изменения технического состояния и предельному значению его прогнозирующего параметра и определение по заданной вероятности безотказной работы.

Для применения первого метода необходимо выбрать такой прогнозирующий параметр, который бы наиболее полно и всесторонне определял техническое состояние узла или агрегата, закономерности изменения которого было бы легко получить. Зная закономерность изменения прогнозирующего параметра $U = f(t)$, его предельное U_n и начальное U_0 значения, нетрудно определить периодичность обслуживания аналитически или графически (рис. 27). Этот метод был применен при уточнении ре-

жимов технического обслуживания некоторых агрегатов автомобиля. Недостатки его заключаются в том, что он не учитывает ни экономики, ни надежности. Правда, надежность в некоторой степени может быть учтена вероятностью безотказной работы, если, имея закон распределения фактической потребности узла или агрегата в обслуживании, исходить из величины периодичности, соответствующей заданному уровню вероятности (рис. 28). Данный метод также не учитывает экономики и может быть применен лишь для особо ответственных деталей, неисправность которых создает аварийную обстановку.

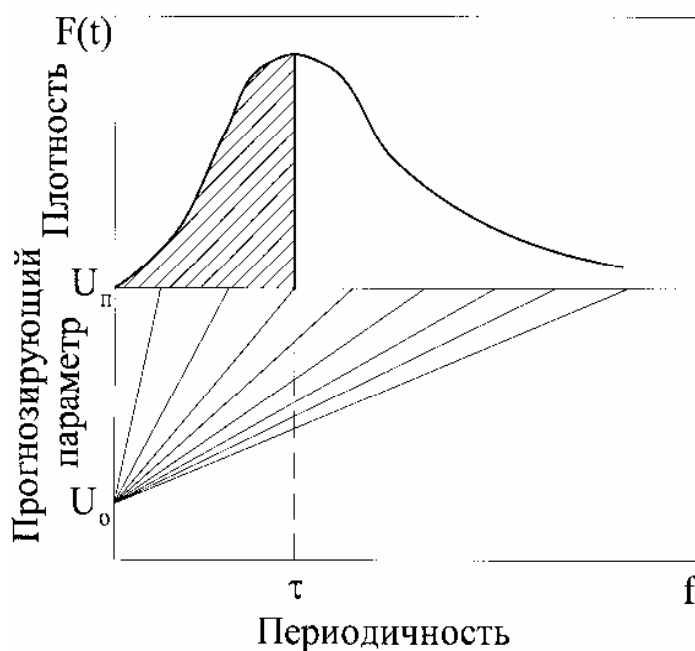


Рис.27. Номограмма определения периодичности технического обслуживания по закономерности изменения прогнозирующего параметра

В последнее время появился новый метод определения периодичности технического обслуживания, названный его автором Е.С. Кузнецовым экономико-вероятностным. При этом впервые дается обоснование экономической целесообразности принудительного выполнения тех операций, которые ранее были отнесены к ремонтным и выполнялись по потребности.

Для определения удельных затрат при организации принудительного ремонта автором на основе анализа дифференциальной функции распределения межремонтных пробегов агрегатов

или периодичности их обслуживания (рис. 29) предложена формула

$$C'' = \frac{C_g + d_p}{l_{cp}}, \quad (6)$$

где C - фактический уровень затрат на ремонт; включает в себя потери, вызванные внезапным выходом агрегата из строя, простои, стоимость ремонта; d – затраты на один ремонт при организации принудительного ремонта с периодичностью l_{cp} ; l_{cp} – средневзвешенный пробег всех агрегатов;

$$l_{cp} = l_{pg} + l_{pP}, \quad (7)$$

где l_{pg} – средний пробег агрегатов, отказавших с вероятностью g ; P – вероятность принудительного ремонта агрегатов с периодичностью l_p .

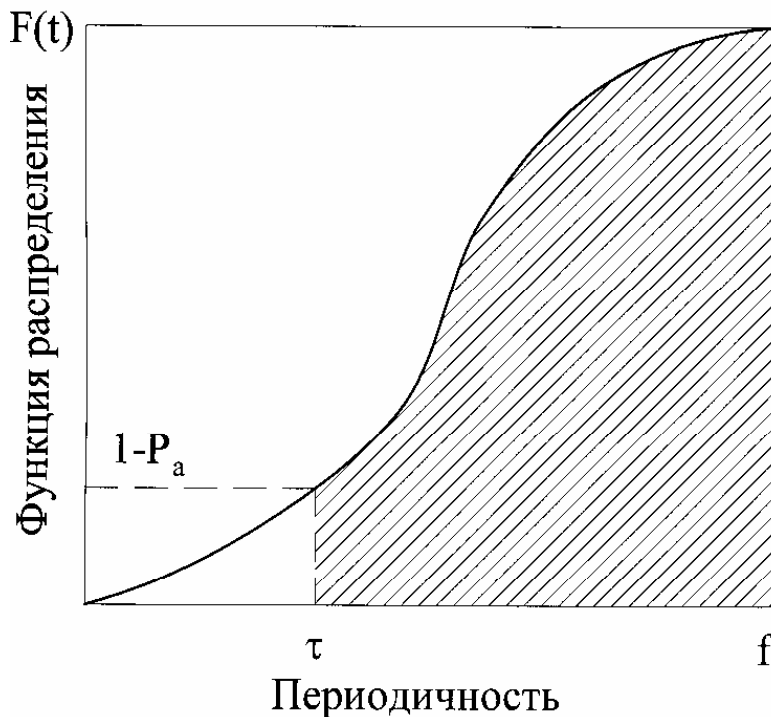


Рис.28. Номограмма определения периодичности технического обслуживания по заданному уровню вероятности

Наиболее целесообразный, оптимальный, по мнению автора, межремонтный пробег соответствует минимуму удельных затрат и может быть определен, если первую производную от C'' приравнять нулю.

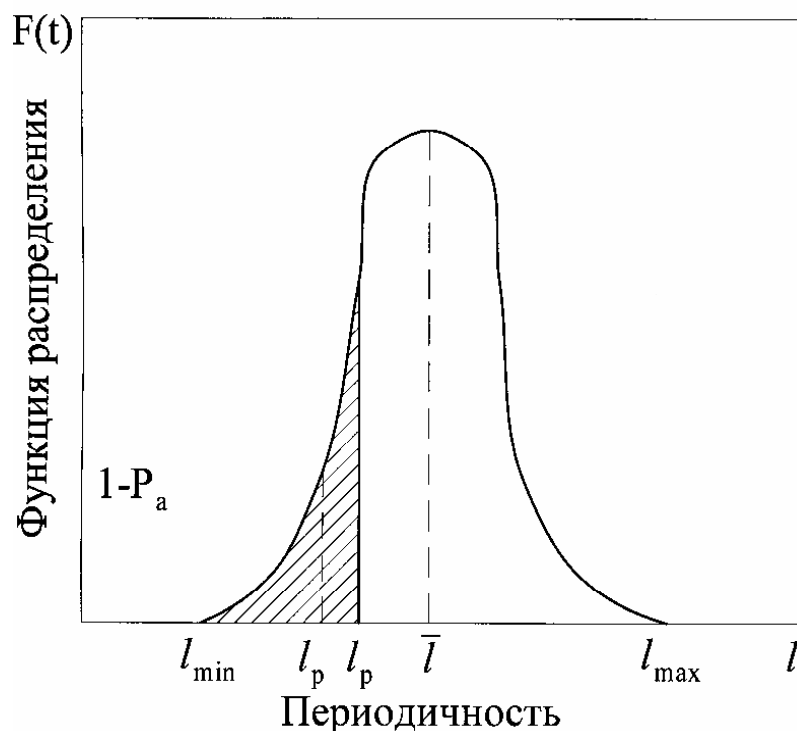


Рис.29. Плотность распределения межремонтного пробега агрегатов

Анализ предложенного метода показывает, что его автор исходит из практического (сложившегося) уровня затрат на ремонт, который обуславливается принятой периодичностью и организацией ремонта. Существенным недостатком следует считать то, что все агрегаты вне зависимости от их фактического технического состояния заменяются на новые или отремонтированные после достижения определенного, заранее заданного пробега l_p . Хотя вполне очевидно (рис. 29), что часть агрегатов за время $2l_p$ не потребует ремонта с вероятностью

$$P(I) = \int_{2l_p}^{\infty} \Psi(l) dl; \quad (8)$$

часть агрегатов не потребует ремонта раньше $3l_p$ с вероятностью

$$P(I) = \int_{3l_p}^{\infty} \Psi(l) dl. \quad (9)$$

Вследствие этого предложенная математическая модель может дать не вполне экономичное решение.

Обширная литература по техническому обслуживанию отечественных автомобилей посвящена в основном организации и технологии обслуживания, организации гаражной службы, описанию гаражного оборудования и другим частным вопросам.

В зарубежной литературе техническому обслуживанию автомобилей уделяется большое внимание, в частности, это касается методов выполнения обслуживания, организации диагностики технического состояния и применяемых при этом оборудования и аппаратуры.

Гораздо реже публикуются материалы о методах определения периодичности диагностики и прогнозирования технического состояния автомобилей. Обычно зарубежные фирмы гарантируют безотказную работу своих автомобилей при условии тщательного соблюдения рекомендаций по объему и периодичности выполнения различных операций технического обслуживания, включая иногда и замену деталей. Эти рекомендации, составленные без достаточного экономического обоснования, подвергаются корректировке автохозяйствами и транспортными компаниями с учетом не только конструктивных особенностей автомобилей, но и размеров мастерских, количества рабочих, характера работы и пробега автомобилей с начала эксплуатации, то есть с учетом условий эксплуатации, обслуживания и возраста автомобилей.

В настоящее время в большинстве стран мира принята планово-предупредительная система технического обслуживания автомобилей, которая далека от совершенства. Поэтому не случайно наметилась тенденция отхода от чисто эмпирических методов к научному решению вопросов в области технического обслуживания автомобилей.

В 1984 году совместным решением Министерств автомобильной промышленности и автомобильного транспорта РСФСР утверждено «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта», которое действует по настоящее время.

Основой технической политики, определяемой настоящим Положением, является планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта (ПП СТО и Р), которая представляет собой совокупность средств, нормативно-технической документации и исполнителей, необходимых для обеспечения работоспособного состояния подвижного состава.

Планово-предупредительный характер СТО и Р определяется плановым и принудительным (через установленные пробеги

или промежутки времени работы подвижного состава) выполнением контрольной части операций, предусмотренных Положением, с последующим выполнением по потребности исполнительной части.

Для оперативного учета изменений конструкции подвижного состава и условий его эксплуатации в Положении предусмотрены две части.

Первая часть, содержащая основы технического обслуживания и ремонта подвижного состава, определяет систему и техническую политику по данным вопросам на автомобильном транспорте: систему и виды ТО и ремонта (ЕТО, ТО-1, ТО-2, ТР, КР, СТО); исходные нормативы, регламентирующие их (периодичность и трудоемкость проведения, перечень операций ТО и Р и др.); классификацию условий эксплуатации; при этом учитывается категория условий эксплуатации: 1. Введено пять категорий, которые учитывают вид дорожного покрытия, тип рельефа местности, место эксплуатации, в городах малых и больших, за пределами пригородной зоны; 2. Модификация подвижного состава и организация его работы – базовый автомобиль, сидельные тягачи, автомобили-самосвалы, автомобиль с прицепами и др.; 3. Природно-климатические условия, шесть видов – климат умеренный, умеренно-холодный, холодный и др.; 4. Пробег с начала эксплуатации, который характеризуется долей пробега автомобиля до и после капитальных ремонтов; 5. Размер АТП и количество технологически совместимых групп подвижного состава.

Вторая часть Положения содержит нормативы по моделям конкретных семейств автомобилей, в том числе виды ТО и Р; периодичность ТО; перечни операций и трудоемкости; межремонтные пробеги и другие материалы, необходимые для проектирования и организации технического обслуживания и ремонта подвижного состава. Нормативы технического обслуживания рассчитаны на полное или частичное сочетание следующих условий: первая категория условий эксплуатации; базовые модели автомобилей; на автотранспортном предприятии выполняется ТО и Р 200...300 ед. подвижного состава, составляющие три технологически совместимые группы; пробег с начала эксплуатации до КР составляет 50...75 %, автомобили работают в умеренном клима-

тическом районе; оснащение АТП средствами механизации для проведения ТО и Р соответствует таблице технологического оборудования.

Система технического обслуживания и ремонта автомобилей в настоящее время по сравнению с таковой по тракторам, дорожным машинам, СХМ и др. является наиболее гибкой, рациональной с точки зрения обеспечения работоспособности машин, так как она (за счет методов корректировки нормативов) в широком диапазоне учитывает реальные разнообразные условия эксплуатации машин. Чем хуже будут условия эксплуатации (относительно принятых за эталон), тем меньше будет периодичность ТО и Р по сравнению с нормативами и, наоборот – больше будет трудоемкость ремонтно-обслуживающих воздействий (РОВ). То есть в данной системе ТО и Р подвижного состава широко, адекватно условиям эксплуатации транспортных средств, применяются методы дифференциации проведения РОВ по периодичности, трудоемкости, объему технологических операций. Это способствует повышению технической готовности машин, обеспечению их работоспособности и эффективности использования.

Нормативы, регламентирующие техническое обслуживание и ремонт подвижного состава, корректируются с помощью коэффициентов в зависимости от условий эксплуатации автомобилей – K_1 ; модификации подвижного состава и организации его работы – K_2 ; природно-климатических условий – K_3 ; пробега с начала эксплуатации – K_4 ; размеров автотранспортного предприятия и количества технологически совместимых групп подвижного состава – K_5 . Величина этих коэффициентов может уменьшать или увеличивать периодичность и трудоемкость РОВ на 20...40 %.

3.2.3. Система обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве

Развитие систем технического обслуживания, принятых в сельском хозяйстве, на автомобильном, железнодорожном, водном и воздушном транспорте, шло медленно, в основном чисто эмпирическим путем. Изменения периодичности и объемов обслуживания производят чаще всего на основе предложений и

критических замечаний, высказываний в ходе дискуссий, реже - на основе теоретических и экспериментальных исследований.

В создание научных основ построения системы технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники большой вклад внесли Г.В. Веденяпин, Б.С. Свирщевский, А.И. Селиванов, М.П. Сергеев, И.Е. Ульман, С.С. Черепанов, В.И. Виноградов, А.П. Соломкин, С.А. Иофинов, Ю.К. Киртбая, Н.С. Пасечников и многие другие. Вопросам совершенствования системы на основе методов диагностирования посвящены основные труды Н.С. Ивановского, В.М. Михлина, А.В. Николаенко, Б.В. Павлова, Б.А. Улитовского, Н.П. Терских, В.М. Лившица.

С появлением сложной техники проблема обеспечения требуемого уровня ее эксплуатационной надежности стала одной из важнейших. Актуальность ее многократно возросла при переходе сельского хозяйства к комплексной механизации производственных процессов. Академик А.И. Берг отмечал, что "из всех вопросов технического прогресса самым важным вопросом теперь становится проблема надежности". Особо велика значимость надежности машин в сельском хозяйстве: если в промышленности потери времени из-за пониженной безотказности машин можно в какой-то мере компенсировать в последующей работе, то в сельском хозяйстве, где предметом труда является живая природа, биологическое состояние которой во времени не остается постоянным, компенсировать потери времени практически невозможно. Следовательно, каждая приостановка производственного процесса вызывает количественные и качественные потери продукции. Поэтому одновременно с техническим оснащением сельского хозяйства в СССР осуществлялись разработка и внедрение системы технического обслуживания машин.

Первоначальные системы обслуживания были громоздки и сложны. Они насчитывали 6...8, а иногда 11...12 номеров, предусматривали обязательную замену отдельных деталей через определенное время. Но со временем технология обслуживания совершенствовалась и упрощалась. Было убрано требование обязательной замены деталей через определенные сроки, введена кратность сроков проведения разных номеров обслуживания ма-

шин. Каждый последующий номер включал все операции предыдущих ступеней.

Первый этап – до 1929 г. Тракторный парк насчитывал около 27 тыс. машин, был разномарочным и состоял в основном из тракторов производства зарубежных фирм. Кадры механизаторов были малоопытны, с низким уровнем технической грамотности. Практически не было инженерных кадров. Ремонтно-обслуживающие воздействия тракторам проводились по потребности.

Второй этап (1929 – 1934 гг.). В сельском хозяйстве появилась техника отечественного производства (Сталинградский и Челябинский заводы). В 1934 г. было около 400 тыс. тракторов. Для ремонта, обслуживания и использования техники были созданы машинно-тракторные станции (МТС) и механизированные совхозы. На селе появились новые кадры: трактористы, машинисты, механики, прицепщики. Основной организационной формой использования машин стала бригада. В нее входили бригадир, механик (при наличии в бригаде семи-восемью тракторов), трактористы, прицепщики, заправщик, учетчик - всего 30...35 человек. Большим достижением этапа следует считать постепенный переход на плановое проведение технических уходов за машинами.

Планово-предупредительная система развивалась в двух направлениях:

1) стремление к жесткой регламентации режимов технического обслуживания без достаточного учета конкретных условий эксплуатации, конструктивных особенностей машин и к попытке широкого применения принудительного ремонта по большой номенклатуре не только агрегатов, но и узлов, механизмов, деталей без учета его экономической эффективности;

2) сведение технического обслуживания к минимальным, но частым осмотрам в сочетании с ремонтом по потребности.

Такой характер проведения ремонтно-обслуживающих воздействий объясняется общими причинами: недостаточными знаниями об эксплуатационной надежности тракторов, сельхозмашин, слабой технической оснащенностью с.-х. предприятий и МТС, низкой эксплуатационной надежностью машин. Это было и

основной причиной введения шестиномерной системы ТО тракторов.

Первой работой, посвященной системе технических уходов за сельскохозяйственными машинами, являются «Правила по уходу за тракторами и их полевому ремонту», опубликованные в 1932 году. Правила были составлены на основе опытно-статистических средних сроков службы деталей и заводских инструкций по эксплуатации отечественных и импортных тракторов. Система технических уходов состояла из восьми ступеней и предполагала принудительную замену деталей.

В 1933 г. Наркомземом и Наркомсовхозов СССР были изданы «Правила технического ухода за тракторами». Система состояла из пяти ступеней, высшие из которых были кратными.

Третий этап (1935-1952 гг.). В сельском хозяйстве работали около 600 тыс. тракторов и 200 тыс. зерноуборочных комбайнов, в том числе 35 тыс. самоходных. Формировалась инженерная служба, кадры которой для зоны Урала, Сибири, Казахстана готовились в основном в Челябинском институте механизации и электрификации сельского хозяйства. Система обслуживания тракторов предусматривала шесть номеров технических уходов: 1-2 - ежедневные уходы; 3-6 - периодические, проводимые после выработки трактором определенного количества гектаров мягкой пахоты (табл.10). Сложность системы обслуживания стала причиной несвоевременного и неполного выполнения техуходов, нарушения периодичности проведения их главных операций.

Четвертый этап (1952-1964 гг.) характеризуется практически полной заменой тракторного и комбайнового парка новыми, более сложными по конструкции тракторами и самоходными комбайнами, оснащенными гидравликой, позволяющей одному водителю управлять прицепными и навесными машинами. Количество тракторов в этот период возросло до 1122 тыс., комбайнов – до 500 тыс., грузовых автомобилей было 800 тыс., сельскохозяйственных машин – более 4000 тыс. Наметила тенденция сокращения количества обслуживающего персонала, особенно за счет сокращения прицепщиков.

В 1952 г. Министерство сельского хозяйства СССР ввело четырехномерную систему технического обслуживания, которая

просуществовала до 1961 года, когда была введена двухномерная система технических уходов, действовавшая до 1965 г.

Таблица 10

Периодичность проведения главных операций
технического ухода

Наименование операции	Трактор				
	СХТЗ	У-1, У-2	АСХТЗ- НАТИ	ЧТЗ-60	ЧТЗ-65
Подтяжка шатунных подшипников	100/4	100/4	360/5	360/5	360/5
Смена по потребности компрессионных и масло-съемных колец	300/5	300/5	360/5	360/5	360/5
Регулировка муфты сцепления	300/5	300/5	120/4	180/4	180/4
Регулировка зазоров клапана	100/4	100/4	120/4	180/4	60/3
Промывка и очистка головки цилиндра и притирка клапанов	300/5	300/5	360/5	360/5	720/5
Смена масла в картере двигателя	50/3	50/3	50/3	60/3	60/3

Примечание. В числителе указаны часы работы, в знаменателе - номер технического ухода.

В конце этого периода произошла реорганизация МТС. Машинно-тракторный парк был передан колхозам и совхозам. На базе МТС была создана «Сельхозтехника», в обязанности которой входило комплексное обслуживание машинного парка колхозов и совхозов на договорной основе. Принципиально важно, что с этого момента в лице «Сельхозтехники» появилось предприятие, где машины стали предметом, а не средством труда, как было при МТС. Появились противоречия: «Сельхозтехника» была заинтересована в проведении как можно больше дорогих ремонтов, мало отвечая за безотказность их при работе. Для совхо-

зах и колхозов машинно-тракторный парк был средством производства как можно большего количества продукции с как можно меньшей себестоимостью и удельной трудоемкостью.

При разработке Правил техухода за тракторами и самоходными шасси 1964 года были использованы результаты научных исследований ГОСНИТИ, машиноиспытательных станций и опорных пунктов. Однако этих исследований было выполнено мало, а применяемые методы определения периодичности техуходов ничем не отличались от прежних.

Первая попытка научно обосновать рациональный метод построения систем технического ухода за тракторами сельскохозяйственного назначения была сделана Г.В. Веденяпиным в 1955 г.; до настоящего времени эта работа остается наиболее важной в области технического обслуживания машин.

Автором впервые была разработана классификация систем технического обслуживания. В качестве главного признака, положенного в основу классификации, был принят признак обязательности применения операций определенной качественной направленности. В связи с этим все операции технического ухода отнесены к двум группам: а) операции смены узлов и деталей; б) операции, не связанные со сменой узлов (очистка, смазка, проверка состояния и регулировка механизмов, крепежные работы). Системы технического ухода были разделены на три класса: 1) система с обязательной периодической сменой узлов; 2) система с обязательным периодическим проведением операций второй группы; 3) системы с обязательным периодическим применением обеих групп операций (смешанные). По мнению автора, наиболее прогрессивными являются системы второго класса.

На основе существования «технологической и эксплуатационной неоднородности» автор приходит к выводу, что вероятность одновременного достижения предельных величин однотипными узлами всех машин практически равна нулю. Поэтому в качестве основного метода обработки данных предложен теоретико-вероятностный метод. Построение системы технических уходов предлагалось производить по граничному условию и по максимально допустимому отклонению оценочных коэффициентов относительно так называемых стержневых операций.

В основу же определения периодичности выполнения операций легли следующие соображения: «Очень важно на основании опытных распределений сроков работы узлов установить такие сроки проведения операций техухода, которые давали бы достаточную вероятность полной эксплуатационной надежности узлов ($P_{э\text{н}}$)». Г.В. Веденяпин оптимальным считает такое значение, которому соответствует интервал между уходами $T_{\text{ср}} - \delta$ (средняя распределения минус среднее квадратическое отклонение) и отход от которого приводит либо к быстрому падению $P_{э\text{н}}$ при сравнительно небольшом увеличении периода между уходами, либо к определенному росту значения $P_{э\text{н}}$ при сравнительно большом уменьшении периода между уходами.

Нетрудно видеть, что определение периодичности выполнения операций техуходов предлагается производить по формуле ($T_{\text{ср}} - \delta$), справедливой для нормального закона распределения срока службы элементов. По существу этот метод аналогичен определению периодичности по доверительному уровню вероятности. Совершенствование предложенной методики шло в направлении усиления экономического обоснования системы технического обслуживания машин, разработки приемов, которые дали бы возможность отказаться от «общих соображений» в вопросах выбора класса системы, количества и кратности ее ступеней.

Пятый этап – 1965-1984 гг. Произошло практически двойное переоснащение машинно-тракторного парка. Первое десятилетие эксплуатировались тракторы К-700, Т-4, ДТ-75, МТЗ-80, комбайны СК-3, СК-4, СКД-5. Во втором десятилетии основу тракторного парка (более 2,5 млн шт.) составили К-701, К-700А, Т-4А, ДТ-75М, МТЗ-80, Т-150К, комбайнового (около 860 тыс.) – СКД-5, СКД-6, СК-5, СК-6.

Новые правила технических обслуживаний тракторов, включающие трехномерную систему (ТО-1, ТО-2, ТО-3), были введены с 1 января 1965 г. В них установлена единая периодичность для всех типов и марок тракторов, для всех зон страны (с некоторыми поправками по периодичности замены ряда составных частей – гусениц, резины и других).

Все предыдущие системы технических уходов имели ряд крупных недостатков: проведение уходов возлагалось на тракто-

ристов, ежедневные обслуживания были громоздкими. Новая система технического обслуживания предусматривала выполнение операций по обслуживанию в определенные сроки, а ремонт машин – по потребности, в зависимости от технического состояния и установленных межремонтных сроков. Кроме номерных технических уходов, предусматривается проведение сезонного обслуживания, связанного с подготовкой тракторов к зимней и летней эксплуатации.

Однако трехномерная система сама по себе мало что изменила бы в вопросе обеспечения надежности машин, если бы новые правила не предусматривали организацию специализированного технического обслуживания мастерами-наладчиками. Резкое уменьшение персонала, обслуживающего агрегаты, относительное уменьшение механизаторов (соотношение между численностью механизаторов и энергетических мобильных машин – тракторов, комбайнов, автомобилей), рост конструктивной сложности машин (в 1,5...3,0 раза увеличилось количество регулировок, точек смазки, очистки и др.), повышенная требовательность и чувствительность механизмов машин к качеству ТО и точности регулировок обусловили обязательное высококвалифицированное обслуживание. Это могут обеспечить только специалисты, имеющие необходимое технологическое оборудование, стационарные и передвижные посты для технического обслуживания машин. Внедрение такой службы в хозяйствах Омской области показало высокую эффективность, что послужило основой широкого распространения передового опыта в различных регионах страны. Но повсеместного внедрения специализированного технического обслуживания тракторов в полном объеме по различным субъективным и объективным причинам не произошло и до настоящего времени.

Научные исследования ГОСНИТИ, СибИМЭ, ЛСХИ, ЧИ-МЭСХ и др., результаты научного поиска В.М. Михлина, Б.А. Улитовского, А.В. Николаенко, Б.В. Павлова и ряда других ученых обусловили одновременно с созданием и поставкой диагностических средств применение методов безразборного определения технического состояния машин. В регламент технического обслуживания были введены контрольно-диагностические опера-

ции, что при надлежащей организации специализированных служб машин повысило качество обслуживания, их безотказность, позволило снизить затраты на текущий ремонт техники.

В 1981 г. был принят ГОСТ 20793-81 на техническое обслуживание, где предусматривалось проведение технических обслуживаний тракторам (решение о постановке на производство которых принято после 1 января 1982 г.) с периодичностью: ТО-1 через 125 мото-ч; ТО-2 через 500 и ТО-3 через 1000 мото-ч.

Шестой этап – с 1984 г. по настоящее время. Предыдущие системы технического обслуживания регламентировали в основном содержание обслуживаний тракторов, комбайнов, автомобилей, сложных сельхозмашин. В последние годы стала ощущаться потребность в разработке комплекса руководящих организационно-технических материалов, формирующих, с одной стороны, единые принципы технической политики в области обслуживания, хранения и ремонта всех машин сельского хозяйства, с другой – увязывающих между собой разнообразные нормативные правила, предназначенные для планирования и организации деятельности служб по обеспечению работоспособности и безотказности техники в различных предприятиях АПК.

Во второй половине 1984 г. утверждена «Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве». В ней излагаются правила, основы проектирования и организации технического обслуживания всей совокупности машин и оборудования, которые используются в сельском хозяйстве. Особенностью этой системы является следующее. Во-первых, она предусматривает выполнение главным образом предупредительных (профилактических) работ, восстановление исправности или работоспособности при внезапных отказах. Во-вторых, система основана на использовании наиболее эффективного способа управления техническим состоянием машин, предусматривающего применение средств диагностирования. При этом контроль за техническим состоянием машин проводится регламентированно в соответствии с установленной периодичностью, а содержание операций технического обслуживания и ремонта конкретных машин определяется, как правило, результатами оценки их технического состояния.

Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве максимально ориентирована на стратегию проведения ремонтно-обслуживающих воздействий по состоянию, с периодическим или непрерывным контролем. Однако современное состояние системы ТОР (стратегия, периодичность, объем, мобильность и т.п.) не соответствует требованиям интенсивного ведения сельскохозяйственного производства, современного машинно-тракторного парка. Это вызывает необходимость совершенствования этой системы.

Полувековое применение планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта по наработке исчерпало свои возможности и сегодня, в силу своей консервативности, несоответствия требованиям механизированных процессов, значительно ужесточенным из-за происходящих экономических изменений в народном хозяйстве России, стало неэффективным.

Предупредительная стратегия выполнения ремонтно-обслуживающих воздействий по состоянию элементов машин означает переход к ситуационному назначению ремонтно-обслуживающих работ с помощью средств диагностирования. Поэтому предусматриваются меры по планомерному изменению методов регламентации ремонтно-обслуживающих воздействий, переходу от жестко детерминированной их зависимости от наработки или расхода топлива к вероятностной системе режимообразования на основе контроля текущих параметров технического состояния машин с помощью периодических осмотров, диагностирования и по выполнению действительно необходимых видов и объемов профилактических и ремонтных воздействий.

Таким образом, изучение этапов развития системы технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве, анализ работ ведущих ученых в этой области показывают, что несмотря на широкую распространенность планово-предупредительной системы обслуживания машин в различных отраслях производства, на современном этапе возросших требований к эффективности механизированных процессов обнаружились серьезные несоответствия содержания и эффективности функционирования системы ТОР машин. Известные примеры этого несоответствия носят разрозненный, фрагментарный характер,

являются результатом выявления новых факторов при исследованиях, частных противоречий при реализации машинам регламентных ремонтно-обслуживающих воздействий и в целом не раскрывают сущности несоответствия систем использования и обслуживания техники, противоречий внутри самой системы ТОР и между системами производства машин, их использования и обслуживания.

3.2.4. Системы обслуживания прочих машин и оборудования

В этом разделе кратко представлены системы технического обслуживания и ремонта железнодорожного транспорта, морских и речных судов, самолетов и радиоэлектронного оборудования. Изучая и анализируя их, нетрудно будет убедиться, что системы прошли аналогичные этапы, имеют такие же закономерности развития процессов обслуживания машин, сходство этих систем по содержанию и методологии обоснования. Несмотря на особенности развития этих систем, все они в своей основе базируются на регламентной стратегии технического обслуживания и ремонта технических средств.

Своеобразный путь прошла система планово-предупредительного ремонта на железнодорожном транспорте.

В 1937 г. инженерно-техническими работниками депо Ашхабад впервые была предложена периодичность ремонта тепловозов (рис. 30), в основу которой были положены сроки ремонта дизеля и вспомогательного оборудования. Основные недостатки этой формы ремонта заключались в том, что при установлении межремонтных пробегов и объема ремонта учитывалось лишь состояние поршней дизеля. Профилактическим мероприятиям уделялось недостаточное внимание, в результате чего техническое состояние тепловозов было неудовлетворительным. Так, число неисправных тепловозов в 1935 г. достигло 32 %, в 1938 г. – 28 %, в 1940 г. – 23,4 %, в 1945 г. – 20,5 % от общего их количества.

В 1945 г. локомотивный парк железных дорог начал пополняться новыми тепловозами серии Д^а, ТЭ1, ТЭ2. В том же году на основании опыта эксплуатации тепловозов была установлена новая периодичность осмотра и ремонта (рис.31). В новой системе больше внимания уделялось осмотру и профилактическим рабо-

там между плановыми ремонтами. Объем выполненных работ был установлен по рекомендациям тепловозостроительных заводов и в дальнейшем неоднократно корректировался.



Рис.30. Периодичность ремонта тепловозов, установленная в 1937 году (тыс. км)

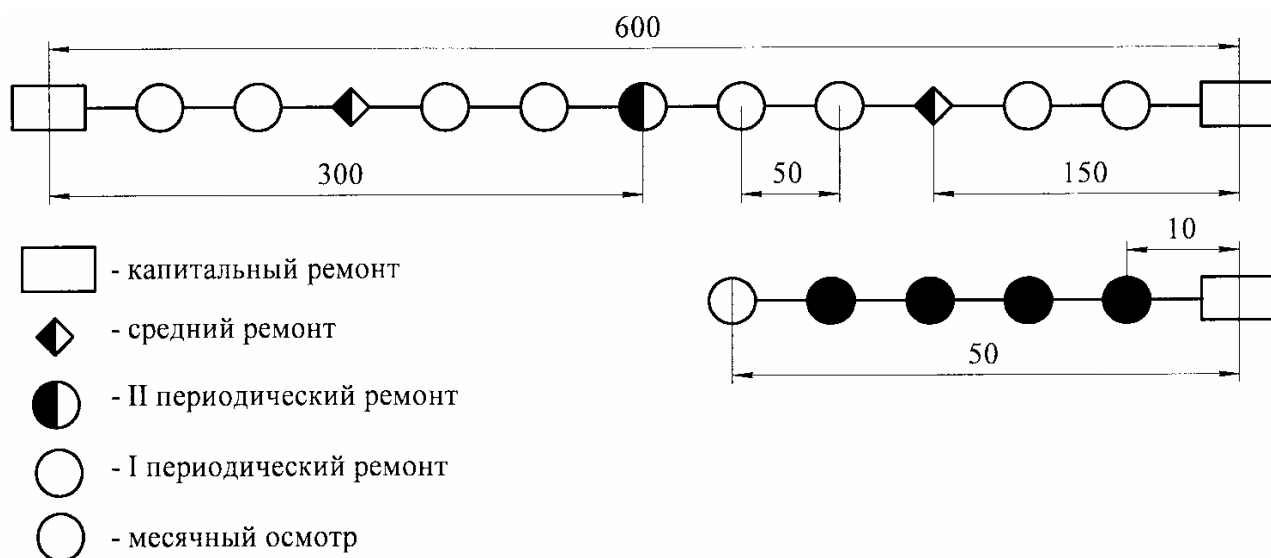


Рис.31. Периодичность осмотра и ремонта тепловозов, установленная в 1945 г. (тыс. км)

В 1951 г. для более тщательного контроля состояния ответственных узлов и своевременного проведения профилактических работ был введен контрольный технический осмотр для тепловозов грузового парка через 15 тыс. км, для пассажирского парка – через 12,5 тыс. км. С целью ликвидации трудоемкого внепланового ремонта был введен укрупненный периодический осмотр (через 30...40 тыс. км) специально для ревизии поршневой группы дизелей тепловозов ТЭ1, ТЭ2.

В 1955 г. на основании работы ЦНИИ МПС были установлены новая периодичность осмотров и ремонтов и новый вид ремонта – подъемочный, при котором наряду с ремонтом дизеля и

вспомогательного оборудования предусматривался плановый ремонт экипажной части и тяговых электродвигателей. Постановка тепловоза в подъемочный ремонт разрешалась только после наступления предельного износа бандажей.

Таким образом, в 1955 г. окончательно оформилась система планово-предупредительного ремонта тепловозов, при которой основные узлы локомотива осматриваются и ремонтируются в строго установленные сроки и в определенном объеме работ. Количество неисправных тепловозов с 1948 по 1955 гг. сократилось более чем в два раза (с 17,0 до 7,6 %).

Далее в эту систему неоднократно вносились поправки. В 1957 г. была уменьшена периодичность контрольных технических осмотров и вместо существующих среднего и капитального ремонтов был установлен единый вид ремонта – заводской.

В настоящее время для тепловозов и электровозов принята следующая система технических осмотров и ремонтов: 1) заводской ремонт; 2) подъемочный ремонт; 3) большой периодический ремонт; 4) малый периодический ремонт; 5) профилактический осмотр; 6) технический осмотр раз в сутки, через 0,5 тыс.км.

Если большой периодический, подъемочный и заводской ремонты необходимы в той или иной степени для восстановления работоспособности узлов и агрегатов, то профилактический осмотр и малый периодический ремонт служат главным образом для поддержания работоспособности локомотивов путем контроля состояния и проверки регулировок, производства мелких работ по смене быстроизнашивающихся деталей, очистки фильтров масляной, топливной и воздушной систем, а также смазки узлов экипажной части.

Основанием для постановки тепловозов в ремонт являются: в большой периодический – износ деталей цилиндропоршневой группы и топливной аппаратуры дизеля; в подъемочный – износ деталей экипажной части и тяговых электродвигателей; в заводской – износ (овальность) шеек коленчатого вала дизеля и частично изоляции электропроводки.

Нормы пробега тепловозов между отдельными видами осмотра или ремонта определялись по формуле

$$L = (K - K') \cdot 10^4 / M_{\text{ср}}, \quad (8)$$

где K – предельный размер детали, зазора или износа, мм; K' – допустимое отклонение размера новой детали или зазора, мм; $M_{\text{ср}}$ – средний износ детали или сопряжения, мм, отнесенный к пробегу 10^4 км.

В последнее время предлагается нормировать осмотры и ремонт локомотивов в зависимости от производимой ими механической работы в тонно-километрах (т·км) или использовать показатели расхода топлива или электроэнергии, характеризующие степень использования мощности локомотива и нагрузки его основных узлов и механизмов.

Установленная периодичность осмотров и ремонтов корректируется в процессе ее внедрения. В качестве критерия рациональности системы принимаются количество «порч в пути», объем внепланового ремонта и затраты на ремонт и осмотры. Разработанная таким образом система периодических осмотров и ремонтов оказывается весьма эффективной лишь с точки зрения безотказности подвижного состава железнодорожного транспорта. Об этом свидетельствует анализ затрат труда на обслуживание электровозов Свердловской дороги за 1965 г. (табл. 11).

Таблица 11

Затраты труда на техническое обслуживание электровозов

Вид ремонта или осмотра	На 1000 локомотивов – км, чел.-ч	В процентах
Подъемочный ремонт	3,2	14,6
Большой периодический ремонт	2,5	11,4
Средний периодический ремонт	6,8	31,0
Профилактический осмотр	1,25	5,7
Технический осмотр	7,65	35,0
Внеплановый ремонт	0,50	2,3
ИТОГО	21,9	100,0

Значительное снижение трудоемкости внепланового ремонта достигнуто главным образом за счет перераспределения огромных затрат труда. Так, в 1965 г. Свердловская дорога на подъемочные ремонты электровозов затратила около 300 тыс. чел.-ч, на малые периодические ремонты и технические осмотры – свыше 1,3 млрд чел.-ч, то есть в 4,5 раза больше. Общие затраты тру-

да на ремонт и осмотры в последние годы остаются примерно одинаковыми.

Естественно, располагая определенными резервами, работники железнодорожного транспорта стремятся снизить слишком высокую цену достигнутой надежности подвижного состава. По этому поводу мнение специалистов таково: «При планово-предупредительной системе ремонтов и осмотров, которая принята на наших дорогах, очень важно точно установить момент постановки локомотива в осмотр или ремонт для того, чтобы не допустить неисправности в эксплуатации и в то же время не вызывать чрезмерных затрат на осмотры и ремонты. Необходимо осматривать и ремонтировать только узлы или детали, которые действительно нуждаются в этом. Таким образом, для обеспечения надежной работы локомотивов в эксплуатации при минимальных затратах очень важно правильно установить интервал между осмотрами или ремонтами, технологию, а также объем работ. К сожалению, до настоящего времени этот вопрос не решен, и в этом заключается одна из основных причин чрезмерных затрат труда на ремонт и содержание электровозов в условиях депо».

Вопросу установления рациональной цикличности осмотров и ремонтов подвижного состава железнодорожного транспорта посвящено немало работ. Их авторы единодушны в том, что с целью снижения затрат на ремонт следует неустанно изыскивать новые резервы за счет уточнения периодичности профилактических осмотров и ремонтов, внедрения прогрессивных методов, разработки более совершенной цикличности ремонтов.

Таким образом, и на железнодорожном транспорте вопрос разработки методики определения оптимальных межремонтных и межосмотровых периодов остается весьма актуальным. А пока, как мы видели, используются методы, которые на семь лет раньше стали применяться в промышленности и сельском хозяйстве.

Основу организационной формы технического обслуживания речных и морских судов составляет также планово-предупредительная система. Полный объем работ по техническому обслуживанию оборудования, надстроек и корпуса складывается из ежедневного ухода, технических уходов и ремонтных работ. Указания по объему и периодичности обслуживания

судовых двигателей, компрессоров, холодильных установок, электрооборудования, средств автоматики изложены в инструкциях заводов-изготовителей, в руководящих документах, изданных министерствами речного и морского флотов, а также пароходствами.

Сопоставление номенклатуры и периодичности работ по техническим уходам, предусмотренным различными документами Министерства речного флота и графиками пароходств, указывает на большие различия. По существу, каждое пароходство, опираясь исключительно на опыт эксплуатации судов в своем бассейне, разрабатывает свою систему технических уходов.

Лучше обстоит дело с планированием предупредительных ремонтов, введенным в 1963 году. Правила ремонта речных судов предусматривают текущий ремонт, средний ремонт первого объема, средний ремонт второго объема и капитальный ремонт. Текущий ремонт имеет целью поддержание судна в нормальном техническом состоянии в течение одной навигации. Выполняется он ежегодно на основе единых ремонтных ведомостей, то есть является регламентным в отличие от принятого понятия текущего ремонта автомобилей и тракторов.

Для всех судов Министерства морского флота с 1962 года введены следующие виды ремонта: а) малый и большой, входящие в систему планово-предупредительного ремонта; б) поддерживающий, аварийный и восстановительный, не входящие в систему ППР. Системы планово-предупредительного ремонта судов построены уже на более прочной основе, какой являлись результаты проведенных исследований в области износа судовых установок, различных механизмов, элементов корпуса.

Изучению износа основных деталей на водном транспорте придается большое значение с момента зарождения в промышленности системы планово-предупредительных периодических ремонтов. Так, в пароходстве «Москва-Волгаканал» изучением износов деталей судовых механизмов, особенно дизелей, систематически занимались с 1938 г. На картах технического состояния двигателя в графической форме представлялись характеристики изнашивания основных деталей, на основании которых определялись предельные величины износа и срок службы деталей.

В действующем Положении о ремонте морских судов также придается большое значение «систематическому учету, изучению и обобщению материалов по износу всех элементов судна заказчиком, судовой администрацией и судоремонтными заводами по прикрепленным к ним судам».

Однако отсутствие строгой методической основы построения системы технического обслуживания судов приводит к низкой эффективности реализации огромных усилий по изучению износа механизмов. И это вызывает традиционную критику существующих систем на страницах технических журналов. Говоря словами научного сотрудника ГИИВТа Н. Сенниковского, «в итоге должна быть создана надежная система технического обслуживания флота, гарантирующая его эффективное использование для увеличения скорости доставки грузов и снижения стоимости перевозок».

Наиболее отчетливое выражение планово-предупредительная система получила в гражданской авиации. В 1960-1961 гг. на страницах журнала «Гражданская авиация» была проведена дискуссия по вопросам технического обслуживания самолетов. Участники дискуссии, отмечая недостатки существующей системы, вносили предложения, основанные на результатах наблюдений за эксплуатацией самолетов. Предлагалось изменить организацию технического обслуживания, основанную на разделении технических обслуживаний на трудоемкие и нетрудоемкие, уменьшить объем регламентных операций, увеличить периодичность обслуживания, сократить количество технических обслуживаний, совместить техническое обслуживание с ремонтом.

Необходимость снижения материальных затрат за счет более полного использования технического ресурса наименее долговечных деталей способствовала появлению предложений по увеличению количества профилактики. В авиации, как и на автомобильном транспорте, получил распространение термин «техническое обслуживание и ремонт». Например, Ю. Губер предложил для самолетов АН-10 установить десять форм регламентов равной трудоемкости с интервалом через 50 часов налета, включив в них работы по замене агрегатов и деталей.

В результате обобщения опыта технического обслуживания самолетов в ряде подразделений, расположенных в различных районах страны, и высказанных в ходе дискуссии предложений в 1961 г. для самолетов основных типов были разработаны и согласованы с конструкторскими организациями и промышленностью новые регламенты технического обслуживания с сокращенными объемами работ и увеличенной периодичностью их выполнения.

По самолетам всех типов новыми регламентами отменено обслуживание через 50 ч налета. Существенно сокращен объем обслуживания через 100 ч налета. Исключен регламент замены двигателя. Замена двигателя может производиться после выработки технического ресурса при любом техническом обслуживании. Для облегчения планирования и более равномерного отхода самолетов на техническое обслуживание установленную периодичность допускается изменять в сторону увеличения или уменьшения, но не более чем на 20 %. Объем регламентных работ по самолетам всех типов сокращен в среднем на 15-20 %.

Следовательно, и на воздушном транспорте решение ряда вопросов, связанных с разработкой системы технического обслуживания самолетов, производилось чисто практическим методом, учитывающим специфику эксплуатации самолетов в отношении их безопасности. Однако и здесь делаются попытки подойти к определению межрегламентных периодов с экономической точки зрения. С этой целью Л.Я. Белецкий и Л.Я. Ильницкий предложили формулу среднечасовой стоимости техобслуживания

$$S = C_1 T_{\text{пр}} Q(T_p) + C_2 / T_p, \quad (9)$$

где C_1 – средние потери за один час простоя самолета, необходимые на отыскание и устранение отказа аппаратуры с учетом затрат на ремонт дефектного блока; $T_{\text{пр}}$ – среднее время непланового простоя самолета; $Q(T_p)$ – вероятность отказа за время межрегламентного обслуживания T_p ; C_2 – средние затраты на профилактическое обслуживание одного комплекта аппаратуры с учетом потерь за счет плановых простоев самолета, предусмотренных для проведения профилактического обслуживания;

$$Q(T_p) = \int_0^{T_p} f(t) dt, \quad (10)$$

где $f(t)$ – плотность вероятности безотказной работы аппаратуры.

Приравняв производную от S по T_p к нулю, любым способом приближенного вычисления можно определить оптимальный срок профилактического обслуживания, при котором среднечасовая стоимость обслуживания самолетного оборудования будет иметь минимальное значение.

Предлагаемое уравнение учитывает потери от плановых и неплановых простоев самолета, предполагает проведение обслуживания как отказавшей, так и доработавшей исправно до профилактики аппаратуры, удельная стоимость исчисляется относительно межрегламентного периода.

Наиболее глубокую теоретическую разработку в настоящее время получили вопросы технического обслуживания радиоэлектронных и энергетических систем. Это объясняется жесткими требованиями к их надежности.

Техническое обслуживание радиоэлектронных и энергетических систем осуществляется двумя способами: 1) на основе априорной (доопытной) информации о состоянии системы, при этом предполагается выполнение профилактики через регулярные промежутки времени; 2) при втором способе учитывается и апостериорная (на основании опыта) информация, то есть решение о проведении профилактических работ может приниматься после регулярно выполняемых проверок технического состояния системы. При этом способе, учитывающем индивидуальные особенности систем, регламентируются только периодичность и объем проверок, что обуславливает более высокий экономический эффект профилактических мероприятий.

Выбор оптимальных профилактических допусков элементов систем по экономическим критериям рассмотрен в ряде работ. В частности, в одной из них показана «принципиальная возможность» одновременного оптимального выбора как профилактических допусков, так и интервалов проверки.

В этих работах профилактические допуски рассматриваются как границы изменения прогнозирующих параметров системы, измеряемые обычно в дискретные, равноотстоящие друг от друга моменты времени. В этом случае профилактика заключается в том, что при выходе параметра за профилактический допуск происходит возвращение его в исходное состояние. Основное допу-

шение заключается в том, что поведение параметра до и после профилактики предполагается статистически идентичным. Таким образом, старение систем не учитывается и в этих отраслях.

В качестве критерия эффективности профилактического обслуживания, как правило, принимается либо вероятность заставить систему в произвольный момент времени в исправном состоянии, способную проработать еще в течение некоторого оперативного времени, либо максимальный коэффициент использования или готовности системы. По понятным причинам экономическое обоснование периодичности профилактического обслуживания радиоэлектронных и энергетических систем встречается весьма редко.

Своеобразная постановка задачи дана в работе Барлоу: требуется указать такую последовательность проверки системы, при которой суммарные потери, складывающиеся из стоимости проверки до обнаружения отказа и платы за время между наступлением отказа и его обнаружением, были бы минимальными.

Большое значение при обслуживании радиоэлектронных систем придается предупредительной замене элементов (магнетронов, электронных ламп и т.д.). Одной из первых работ, в которой предложен метод определения оптимальной периодичности плановых замен электронных элементов исходя из стоимости эксплуатации, является работа Валкера.

Флейхингером рассмотрены следующие способы замены элементов: 1) все элементы одного типа заменяются новыми одновременно, образуя процесс восстановления по схеме: отказал – заменил; 2) каждый элемент заменяется новым, если он безотказно проработал в течение заданного времени (предупредительная замена); 3) при использовании элемента с перерывами, в течение которых он может отказать, организуется периодическая проверка и при обнаружении отказа производится его замена.

В основу общей модели, разработанной Флейхингером, положены допущения, что отказы элементов независимы, время профилактики и время устранения отказов бесконечно малы. В работе исследуются такие показатели надежности, как среднее число отказов системы и среднее число профилактических замен.

В качестве критерия оптимальности применяется вероятность безотказной работы системы в течение заданного времени. Одним из недостатков его работ является то, что при определении периодов плановых замен элементов не учитываются их техническое состояние и цена недоиспользованного ресурса.

На основании анализа систем технического обслуживания, принятых в металлообрабатывающей, радиоэлектронной и энергетической промышленности, в сельском хозяйстве, на автомобильном, железнодорожном, речном, морском и воздушном транспорте, можно сделать следующие выводы.

1. Во всех отраслях народного хозяйства нашей страны и на автомобильном транспорте за рубежом принята планово-предупредительная система технического обслуживания.

2. Разработка систем технического обслуживания машин была основана на эмпирических данных. Износ деталей изучался только с целью установления средних норм расхода запасных частей и средних межремонтных ресурсов. Количество ступеней системы и характер замен деталей принимались, как правило, на основе общих соображений и опыта.

3. Наиболее глубоко разработаны вопросы профилактического обслуживания радиоэлектронных и энергетических систем. Однако в силу специфики работы этих систем, предъявляющей высокое требование в отношении их безотказности, экономические критерии оптимальности применяются очень редко. Но и те методы, которые используют экономический критерий, неприемлемы из-за недостатков, обусловленных конструктивными особенностями радиоэлектронных и энергетических систем.

4. Специалистами всех видов транспорта, промышленности и сельского хозяйства признается, что снижение больших затрат на техническое обслуживание заключается в разработке более обоснованных систем. В связи с этим наблюдается довольно широкое использование современного математического аппарата и применения электронно-вычислительных машин.

5. Применяемые методы определения периодичности технического обслуживания основаны, как правило, на законах распределения отказов исходных элементов, полученных путем длительного пассивного наблюдения и фиксации отказов. При этом

не учитываются процессы восстановления и старения машин и организационные возможности уменьшения потерь при отказах.

Совершенствование методов определения периодичности технического обслуживания должно идти в направлении активного воздействия на процессы изменения технического состояния машин, сокращения времени получения исходной информации, разработки методов прогнозирования и предотвращения отказов, а также методов уменьшения потерь от непредотвращаемых отказов.

Глава 4

КОНЦЕПЦИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТРАКТОРОВ И АГРЕГАТОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Уже несколько десятилетий отмечается необходимость улучшения использования техники в сельском хозяйстве, повышения ее эксплуатационной надежности. Однако в последние годы (1990...2008 гг.) проблема только обострилась: снижаются темпы обновления машинного парка, идет сокращение и старение. Сейчас правомерно говорить не просто о важности проблемы обеспечения работоспособности тракторов, комбайнов и машинно-тракторных агрегатов в целом, а об ее стратегической роли в увеличении объемов продукции растениеводства.

Стратегии, методы, режимы и нормативы существующей системы технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве часто не только не способствуют, но, наоборот, препятствуют интенсификации процессов использования машин, поддержания и восстановления их работоспособности. Это следствие несоответствия темпов и качества развития данных процессов современным требованиям эффективного производства сельскохозяйственной продукции.

4.1. Методология построения системы технического обслуживания машин

Термин "методология" многозначен и употребляется в различных смыслах. Чаще под методологией понимают учение о методах познания и преобразования действительности, то есть теорию метода. Будучи учением о методах, которые имеют одну функцию: отражая закономерности объективной действительности и познания, ориентировать людей в процессе осуществления познавательной и практической деятельности, управлять их мышлением, методология обладает определенной целостностью, обусловленной единством ее предмета. В каких бы областях знания она ни разрабатывалась, везде она руководствуется едиными исходными принципами, решает по существу одни и те же проблемы (поиск и теоретическое обоснование методов, пригодных для данной науки, разработка правил оперирования ими, определение их познавательных возможностей и сферы применения), выполняет одни и те же функции.

Для выяснения сущности построения, функционирования, противоречивости отдельных свойств системы обслуживания машин необходимо рассмотреть, какие методы, в какой последовательности применялись для обоснования и построения структуры, режимов ее функционирования. Определив сущность связей отдельных элементов в системе, их роль в ее функционировании и развитии, можно будет целенаправленно осуществлять ее совершенствование.

Программа технического обслуживания сложных систем – это совокупность взаимосвязанных по времени, месту, содержанию работ и средств их проведения, обеспечивающих эксплуатацию машин в заданном состоянии работоспособности. В процессе технического обслуживания восстанавливается качество работы машины. Техническое обслуживание предусматривает проведение предупредительного (профилактического) либо текущего обслуживания (текущий ремонт) машины.

Основой системы технического обслуживания является планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта машин.

Принципиальными положениями построения такой системы являются следующие:

- выполнение обслуживаний в принудительном порядке через установленную регламентом (единую для всех машин данного типа) наработку (периодичность);
- выполнение регламентного перечня операций технического обслуживания (в том числе диагностических) независимо от фактического технического состояния (или с частичным его учетом);
- группировка отдельных операций технического обслуживания однотипных машин в виды обслуживания;
- нормирование продолжительности и трудоемкости технического обслуживания;
- применение стационарных или мобильных технических и диагностических средств;
- регламентирование состава материалов для обслуживания машин.

В настоящее время основой структурного построения системы ТОР является регламент на проведение через заданную периодичность различных видов ТО с фиксированным перечнем и количеством операций в каждом из них.

Следует обратить внимание на важнейший принцип построения системы ТОР машин - принцип проведения ремонтно-обслуживающих воздействий через нормируемую наработку. То есть регламентируется проведение обслуживаний после наработки, равной периодичности очередного ТО. При этом подразумевается:

- идентичность, плавность, детерминированность изменения параметров технического состояния машин независимо от срока службы, проведенных ремонтов;
- идентичность характеристик периодов, циклов использования до и после ТО в различные временные промежутки «жизни» машин, следовательно, идентичность закономерностей изменения параметров технического состояния машин, процессов их использования и обслуживания;
- независимость (или равнозначность влияния) характера изменения работоспособности машин, в целом их надежности машин и свойств от условий эксплуатации.

4.2. Обеспечение эксплуатационной надежности тракторов. Стратегии технического обслуживания и ремонта тракторов

Согласно «Комплексной системе технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве» применяются три основные стратегии техобслуживания и ремонта (рис.32):

- по потребности после отказа C_1 ;
- регламентированная в зависимости от наработки (календарного времени) по сроку и содержанию ремонтно-обслуживающих воздействий C_2 ;
- по состоянию с периодическим или непрерывным контролем (диагностированием) C_3 .

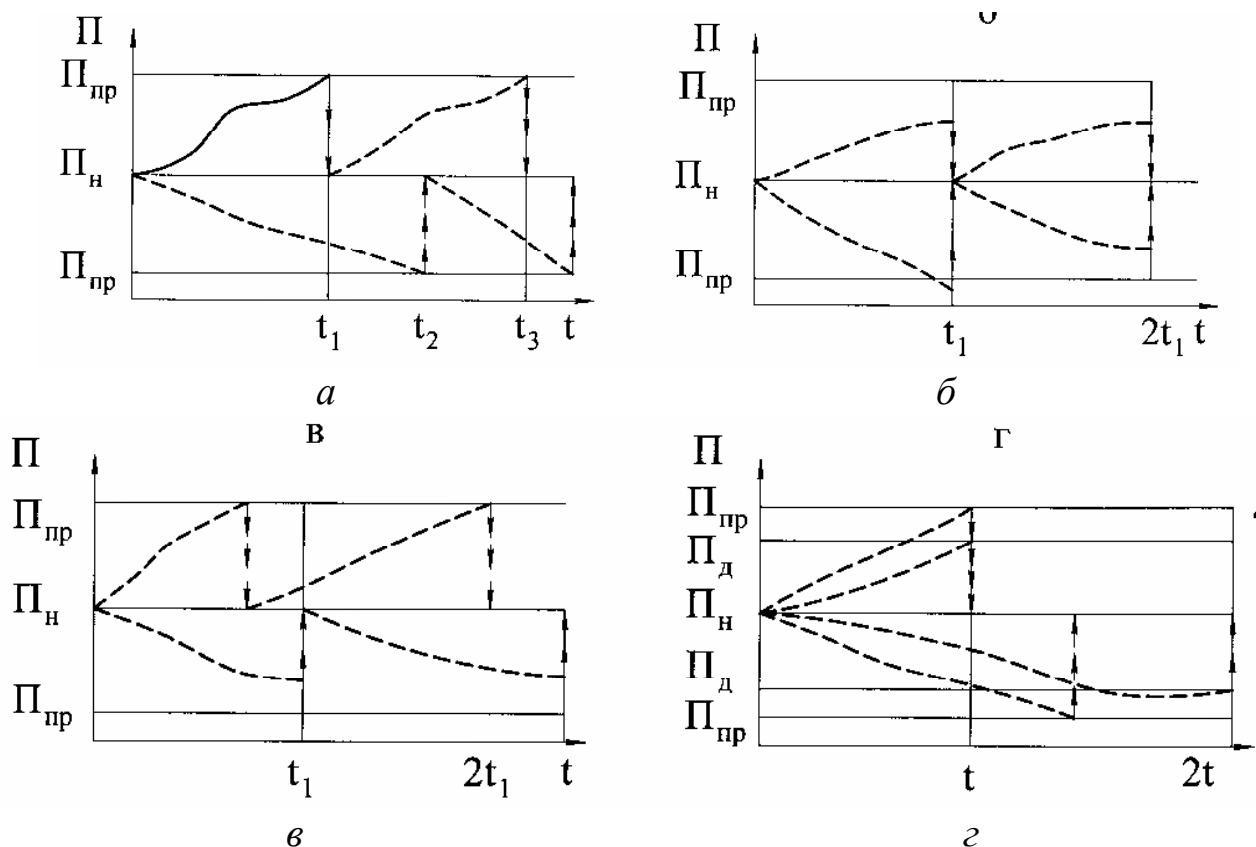


Рис.32. Стратегии управления параметрами технического состояния машины: а - по потребности; б - регламентированное; в - комбинированное; г - по состоянию с периодическим контролем

Стратегия обслуживания «по потребности»

Объект обслуживается только при его отказе в момент времени $t_1, t_2 \dots t$. Такая стратегия составляла основу системы обслуживания машин в сельском хозяйстве на первом и втором этапах

ее развития, в начале 1930-х годов. Эта система предопределяет случайный характер поломок, значит, и случайную последовательность простоев полевых агрегатов.

Кроме того, случайный характер отказов машин вызывает поток случайных заявок на ремонт, запасные части, средства для их доставки, ремонтных рабочих, средства ремонта, которые находятся, как правило, на значительных расстояниях от МТА. Происходит дезорганизация производственных полевых процессов. В результате поломка, на устранение которой требуется несколько минут, вызывает многочасовые простои агрегатов.

Стратегия регламентированного технического обслуживания

Техническое обслуживание объекта осуществляется регламентированно с периодичностью t_1 в объеме, установленном нормативно-технической документацией, независимо от технического состояния объекта к моменту обслуживания.

Периодическое регламентированное техническое обслуживание в чистом виде назначается обычно для предотвращения постепенных отказов объекта, не имеющего четко выраженных информационных параметров, признаков неисправности (в основном отказы по параметру). В качестве примера можно привести такие работы, как очистка фильтров, центробежных маслоочистителей и воздухоочистителей масляно-инерционного типа; замена моторных и трансмиссионных масел; диагностические (проверочные) работы и др.

Модель регламентированного обслуживания обычно применяется к относительно простым составным частям объекта. Реализовать ее на сложных машинах (тракторах, комбайнах) в чистом виде практически невозможно, так как они имеют сотни составных частей с разной периодичностью обслуживания.

Противоречивость стратегии регламентированного технического обслуживания заключается в том, что потребность в обслуживании возникает чаще всего во время работы агрегата. В результате увеличивается продолжительность выполнения полевых работ. К тому же обслуживание машин в поле из-за пыли, грязи, ветра, отсутствия необходимых средств механизации является некачественным, трудоемким и продолжительным.

Стратегия комбинированного обслуживания

Формируется в основном путем комбинации двух стратегий обслуживания: регламентированной и по потребности. При этом противоречивость каждой стратегии системе машиноиспользования полностью сохраняется, обуславливая простои агрегатов в рабочее время из-за поломок и на техническом обслуживании. Эта стратегия обслуживания сегодня широко применяется при эксплуатации МТП на с.-х. предприятиях.

Стратегия технического обслуживания с периодическим контролем

Предусматривает устранение неисправностей или последствий отказа у части объекта по потребности, в момент проведения технического обслуживания и в предупредительном порядке. Обслуживание с периодическим контролем значительно эффективнее предыдущих стратегий обслуживания, так как позволяет полнее учитывать требования системы машиноиспользования, одновременно сокращая затраты на ремонт и устранение отказов машин. Преимущества этой стратегии обслуживания обуславливают ее широкое применение.

Однако применение этой стратегии сдерживается слабой стационарной базой технического обслуживания, отсутствием круглогодично действующих специализированных служб по обслуживанию и необходимого диагностического оборудования.

Обслуживание с периодическим контролем проводится следующим образом. Регламентированные работы, в том числе диагностирование, смазку составных частей и т.д., выполняют с периодичностью t , установленной нормативно-технической документацией, а объем остальных, в том числе предупредительных работ, определяется техническим состоянием объекта в момент начала его обслуживания. Последствия отказов устраняют при их обнаружении. Очевидно, что и данная стратегия обслуживания машин, несмотря на ее значительные преимущества перед упомянутыми стратегиями, также имеет противоречия по отношению к системе машиноиспользования, да и в целом к задачам обслуживания.

При эксплуатации машин необходимость в техническом обслуживании возникает в разные моменты времени в широком ин-

тервале наработки машины. Оптимальная периодичность выполнения разных работ редко бывает одинаковой. Разброс периодичности ремонтно-обслуживающих работ - следствие различной интенсивности изменения технического состояния составных частей машины.

В любой машине, например, тракторе или комбайне, всегда имеются группы составных частей, периодичность технического обслуживания которых зависит в основном от наработки, технического состояния и условий эксплуатации. Определяющими положениями существующей планово-предупредительной системы технического обслуживания являются постоянные и равные для всех тракторов (до ремонта, после ремонта, новых, эксплуатирующихся в различных условиях) периодичность и объем диагностико-профилактических операций. Это, во-первых, делает обслуживание практически всегда несвоевременным. Действительно, безотказность и долговечность составных частей сложной машины в межремонтные сроки службы, как правило, ниже, чем в доремонтные. Например, межремонтный ресурс капитально отремонтированного тракторного двигателя находится в пределах 40...70% доремонтного. Средняя наработка на независимый отказ составных частей трактора в межремонтный срок службы в полтора-два раза меньше, чем в доремонтный. Во-вторых, условия эксплуатации сельскохозяйственных агрегатов настолько различны и изменчивы даже в пределах одной климатической зоны (разный вид полевых операций, сроки выполнения, рельеф, состояние почвы, температура, запыленность и т.д.), что ясно, что интенсивность изменения технического состояния составных частей, в том числе одноименных, при эксплуатации машин различна. Скорость изменения того или иного параметра технического состояния у тракторов в зависимости от условий эксплуатации может отличаться в десятки и сотни раз.

И третье. Нередко необходимость проведения ТО машинам (после нормативной наработки) возникает во время работы агрегатов, что предопределяет совместно с их простоями из-за поломок увеличение продолжительности технологических полевых операций.

Таким образом, анализ соответствия стратегий технического обслуживания машин требованиям системы их использования свидетельствует о следующем. Каждая последующая стратегия обслуживания является более совершенной по двум основным факторам. Во-первых, полнее учитываются закономерности изменения технического состояния составных частей машин, что, при использовании средств диагностики, делает обслуживание более своевременным и качественным, если рассматривать важнейшим требованием к качеству обслуживания обеспечение нормативной работоспособности и безотказности машин при работе.

Во-вторых, каждая последующая стратегия обслуживания все более полно учитывает требования системы машиноиспользования. Это выражается в выборе такого регламента технического обслуживания машин (по периодичности, объему операций, группировке их в виды ТО), который позволяет обеспечивать сокращение простоев агрегатов в поле по техническим причинам. Одновременно, и это очень важно, уменьшаются затраты на ремонт, в том числе на запасные части.

Общими принципиальными недостатками рассмотренных стратегий управления техническим состоянием машин являются следующие.

1. Принцип проведения ТО через заданную, регламентированную наработку обуславливает последствие обслуживающих воздействий, не гарантирующих безотказность машин в предстоящие циклы использования.

2. Слабо учитываются индивидуальные особенности машин, условия их эксплуатации, технолого-экономическая значимость при работе в составе различных агрегатов.

3. Реализация стратегий управления техническим состоянием машин, в частности тракторов, не обеспечивает их безотказную работу ни до, ни после обслуживания.

Изменение безотказности тракторов между регламентными ТО аппроксимируется уравнением второй степени:

$$\omega = AT^2 + BT + C, \quad (11)$$

где ω - параметр потока отказов, ед/1000 мото-ч; T - наработка, мото-ч; A , B , C - эмпирические коэффициенты.

Данная статистически обоснованная зависимость объясняется влиянием на безотказность двух основных воздействий: операций технического обслуживания (их качеством и структурой) и устранений последствий отказов, выявленных непосредственно при регламентном ТО или после его проведения (рис. 33).

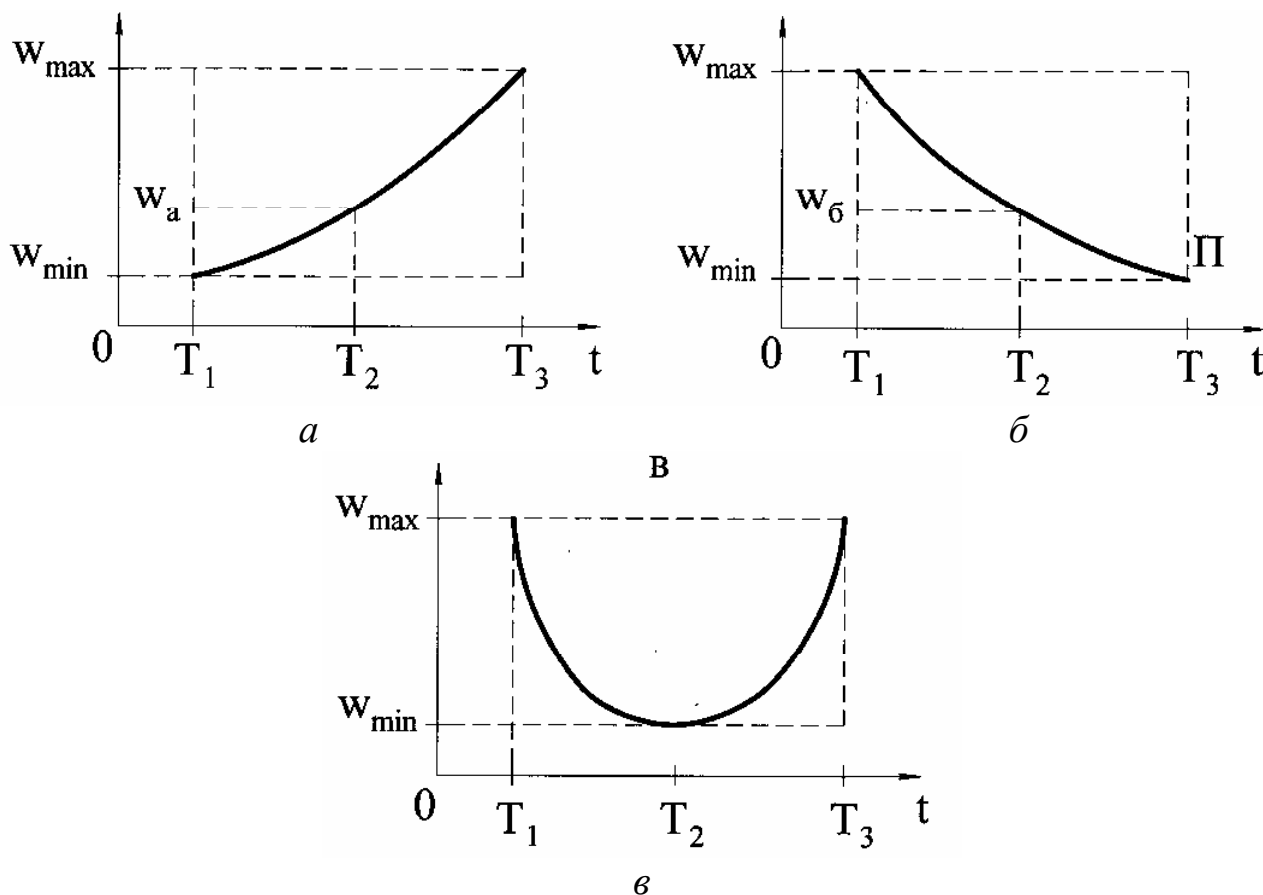


Рис.33. Изменение параметра потока отказов W между регламентными ТО

На основании теории старения машин известно, что после проведения очередного ТО обобщенная характеристика служебных свойств машины, выраженная через показатель ее готовности, сначала возрастает, затем снижается. Соответственно параметр потока отказов в промежутке между техническими обслуживаниями $T - T$ (рис. 33 а) возрастает от минимального значения ω_{\min} до величины ω_{\max} . Рост параметра потока отказов после его минимального значения связан с нарушением регулировок, ослаблением крепежа, предельным износом узлов, деталей (которые не были заменены согласно их фактической потребности), приводящими к ухудшению технического состояния машины и увеличению количества отказов.

Из исследований известно, что при проведении ТО объем работ по устранению последствий отказов составляет до 45% трудоемкости периодических технических обслуживаний. Это приводит к тому, что в зоне наработки T_1 (рис. 33 б) параметр потока отказов резко возрастает. С увеличением наработки в промежутке T_1 - T_2 возникает принцип последствия, выражающийся тем, что параметр потока отказов снижается не сразу, а постепенно: от ω_{\max} до ω_{\min} . То есть приходит «расплата» отказами за невыполненный объем операций обслуживания, которые требовались тракторам, но не были проведены своевременно (не предусмотрены регламентом).

Суммарное влияние указанных воздействий приводит к изменению параметра потока отказов по зависимости, изображенной на рис. 33 в.

Введение операций диагностирования при проведении ТО тракторам мало что меняет в характере изменения их надежности между обслуживаниями. Операции контроля регламентированы по периодичности (равной периодичности ТО) и структуре диагностируемых параметров (часть регламентированных ранее операций ТО).

Поэтому такое регламентированное диагностирование технического состояния тракторов позволяет только несколько уменьшить количество операций регламентированного обслуживания. А прогнозирование технического состояния по закономерностям его изменения на основе среднестатистических данных, не учитывающих особенности предстоящих циклов использования тракторов, обуславливает низкую достоверность прогноза. В результате характер изменения безотказности тракторов за цикл ТО имеет вид, показанный на рис. 34 а.

В начале 1980-х годов академик В.А. Кубышев сформулировал основное требование производственных процессов в растениеводстве к эксплуатационной надежности МТА - средняя наработка на отказ не должна быть меньше длительности предстоящего цикла напряженных работ. То есть величина безотказности машин должна определяться требованиями предстоящего цикла полевых работ.

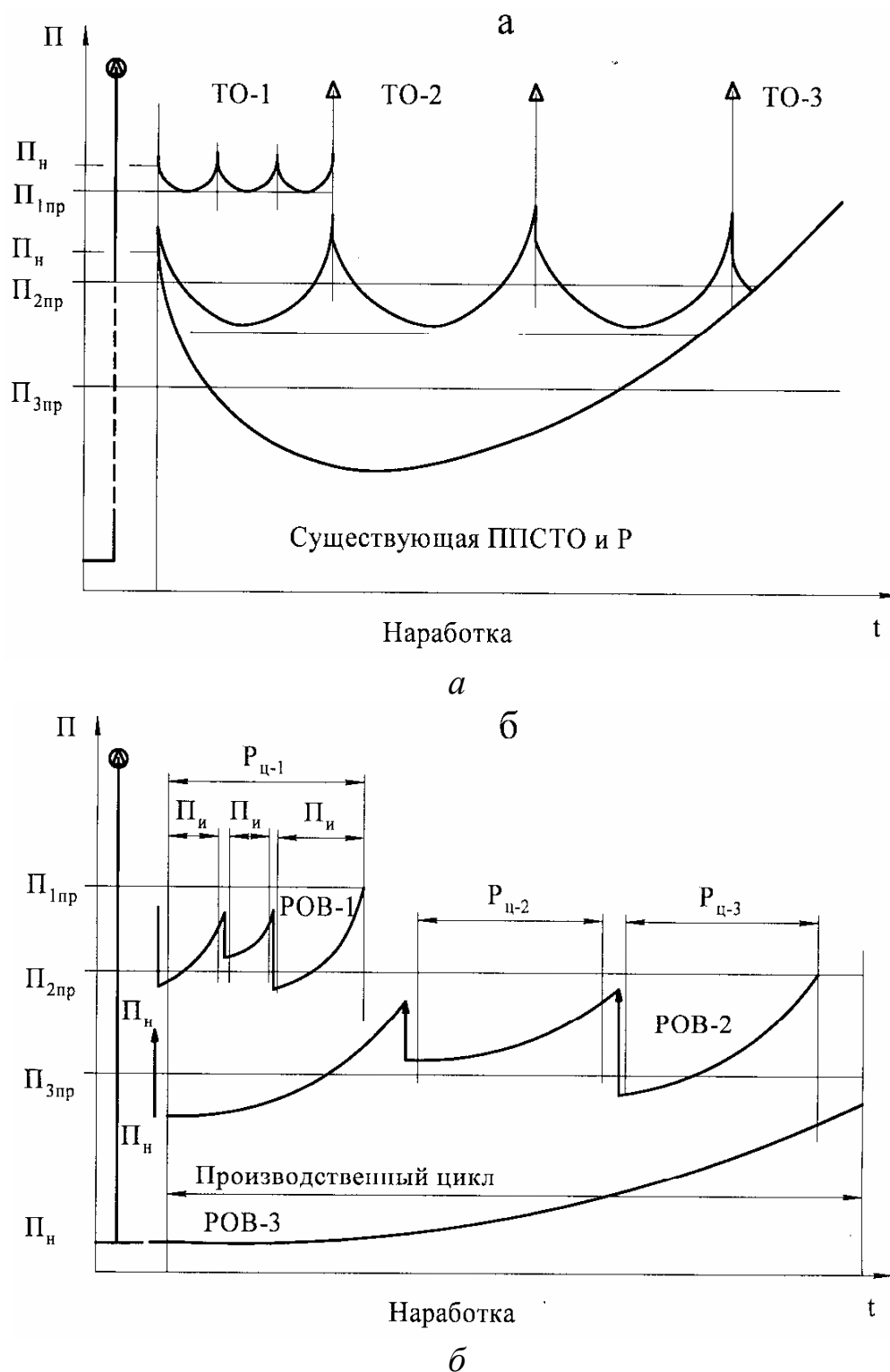


Рис.34. Взаимосвязь безотказности и стратегий ТО тракторов

Ведущие ученые ГОСНИТИ С.С.Черепанов, В.М.Михлин, М.А.Халфин считают существующую систему планово-предупредительного обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве консервативной. ими определено требование к процессу технического обслуживания машин: при реализации его в первую очередь должны учитываться потребительские свойства МТА.

Это обусловило разработку и обоснование дифференцированных нормативов на безотказность различных по технологическому назначению и составу агрегатов, машин и их составляющих. Однако имеющиеся противоречия в функционировании процессов использования и обеспечения работоспособности МТА в растениеводстве не позволяют решать поставленные задачи.

Сущность основных противоречий заключается в следующем.

1. При регламентной системе технического обслуживания для поддержания машин в работоспособном состоянии необходимо систематически отслеживать изменение параметров технического состояния (ПТС) составных частей машины (СЧМ). В случае отказа или выхода параметра за предельное или допустимое значение осуществлять СЧМ ремонтно-обслуживающие воздействия (РОВ). То есть главенствует принцип первичности требований технического состояния машин в определении времени их обслуживания, при котором они являются предметом труда. А закономерности изменения ПТС предполагают проведение РОВ через регламентированную наработку – принцип последствия (ретроспективности). Таким образом, требования предстоящего процесса использования (потребительские свойства МТА), в котором машины применяются как средства труда, не являются первичными и не определяют нужное техническое состояние агрегатов. Кроме того, реализация принципа последствия при проведении РОВ машинам не обеспечивает их безотказность на предстоящие циклы использования.

2. Первая группа противоречий предопределяет следующее совпадение по времени реализации процессов использования и технического обслуживания машин. Первый процесс требует непрерывного использования МТА, второй – их периодической остановки.

Чтобы сократить продолжительность t_a операций в растениеводстве, нужно чтобы работоспособность МТА была как можно выше:

$$t_a = \frac{F}{nW_{\text{ч}}^H K_p}, \quad (12)$$

где F – площадь возделывания сельскохозяйственной культуры; n , W_q^H – количество агрегатов и их номинальная производительность соответственно; K_p – коэффициент работоспособности агрегата;

$$K_p = \frac{t_p}{t_p + t_{от} + t_{то} + t_{от-л} + t_{т-лн}}, \quad (13)$$

где t_p – чистое рабочее время агрегата; $t_{от}$, $t_{от-л}$ – продолжительность простоя агрегата при устранении технических и технологических отказов соответственно; $t_{то}$, $t_{т-лн}$ – продолжительность планового технического обслуживания и технологической настройки агрегата соответственно.

Увеличение в несколько раз конструкционной сложности современных тракторов и сельхозмашин, точек обслуживания СЧМ, ужесточение требовательности к точности регулировок и недостаточный уровень ремонтпригодности однозначно определяют необходимость повышения качества ремонта, увеличения трудоемкости, продолжительности, а также своевременность обслуживания машин. Но это снижает коэффициент работоспособности агрегатов, увеличивает продолжительность полевой операции. Если сократить продолжительность, трудоемкость обслуживания машин – снизится их безотказность во время использования, что также увеличит сроки полевых работ.

Пути разрешения данного противоречия традиционны: мобильность процесса ТО, то есть ухудшение его качества по сравнению с обслуживанием машин на стационаре; несоответствие условий и средств обслуживания конструктивной сложности машин; низкий к.п.д. функционирования специализированных служб; ограниченность применения высокоэффективных методов диагностирования и прогнозирования, средств с высокой технологической способностью.

3. Научными школами ЛСХИ, ГОСНИТИ, СибИМЭ, ЧГАУ и др., в частности исследованиями К.Ю. Скибневского, установлено: интенсивность изменения ПТС однотипных составных частей машины (СЧМ) может отличаться в 10...100 раз, что на 75...95% обусловлено различием условий их эксплуатации. Но реализация процесса ТО машин на основе принципа последейст-

вия определяет его содержание без учета предстоящих эксплуатационных условий.

Свойство надежности обычно относят к машине. В то же время надежность характеризует не само изделие, а его способность выполнять определенную функцию, реализовывать потребительские качества (для МТА - выполнить технологическую операцию). Из этого следует, что у изделия, способного выполнять несколько функций, может быть несколько уровней надежности (трактор в составе различных МТА) - каждой функции изделия соответствует свой уровень надежности (безотказности). Отсюда для многофункциональных изделий, а к таким относятся МТА, показатели надежности должны задаваться по каждой функции отдельно. Например, в подтверждение сказанного в работе М.А. Халфина на основе проведенных расчетов указаны дифференцированные показатели наработки на отказ для различных технологических МТА в растениеводстве (табл. 12). Установлены дифференцированные показатели для каждой машины, входящей в тот или иной агрегат.

Таблица 12

Требуемые значения средней наработки на отказ МТА, t_a^H ,
по видам выполняемых работ при $T_{см} = 14$ ч

Вид работы	$T_{опт}$ для зон, дни			Коэф. использования времени смены τ	t_a^H
	степ-ной	лесо-степной	нечерно-земной		
Закрытие влаги	2	2	3	0,87	50
Культивация	4	5	6	0,85	100
Посев озимых	10	9	8	0,75	200
Посадка карто-феля	10	10	10	0,50	280
Обработка кукурузы	8	8	7	0,80	140
Подъем зяби	20	18	15	0,88	330
Уборка:					
трав на силос	12	10	10	0,65	260
кукурузы	8	7	7	0,68	170
картофеля	15	15	15	0,60	350

Следует отметить правомерность такой постановки вопроса. Однако обеспечение дифференцированной работоспособности МТА станет возможным лишь при кардинальном изменении методов реализации процесса технического обслуживания машин.

При этом необходимо учитывать закономерности изменения параметров технического состояния узлов, агрегатов, механизмов машин в конкретных условиях эксплуатации и применение критериев эффективности при обосновании дифференцированной работоспособности МТА, учитывающих взаимосвязь подсистем механизированного процесса в растениеводстве, в том числе с его выходными параметрами.

Изменить характер потока отказов между техническими обслуживаниями можно путем реализации стратегии превентивного обслуживания тракторов.

Стратегия превентивного технического обслуживания тракторов

Превентивный (франц. *preventif*, лат. *praevenio* - опережаю, предупреждаю) - опережающе-предупреждающий. Рассмотрим сущность данной стратегии (рис.35). Перед началом цикла полевых операций трактор проходит подготовку на СТОТ или СПТО хозяйства. Путем диагностирования (структура операций может существенно отличаться даже при диагностировании однотипных тракторов и определяется в основном характеристиками предстоящего цикла использования и предыдущей «историей» изменения технического состояния составных частей) устанавливается фактическое состояние механизмов трактора, которое определяет его безотказность в предстоящий цикл, период использования. Механизмы, параметры технического состояния которых вышли за пределы допуска, подлежат обслуживанию, ремонту или замене. Это фиксируется в карте на ТОР. Для механизмов, агрегатов, параметры технического состояния которых находятся в пределах допуска, проводится прогнозирование изменения ПТС по закономерностям, описывающим динамику технического состояния механизмов в предстоящие циклы полевых работ (весенний, летний, осенний, зимний). Если параметры за время работы трактора в цикле (рис. 35, цикл 1) не выйдут (по прогнозу) за предельное состояние, то механизмы не обслуживаются.

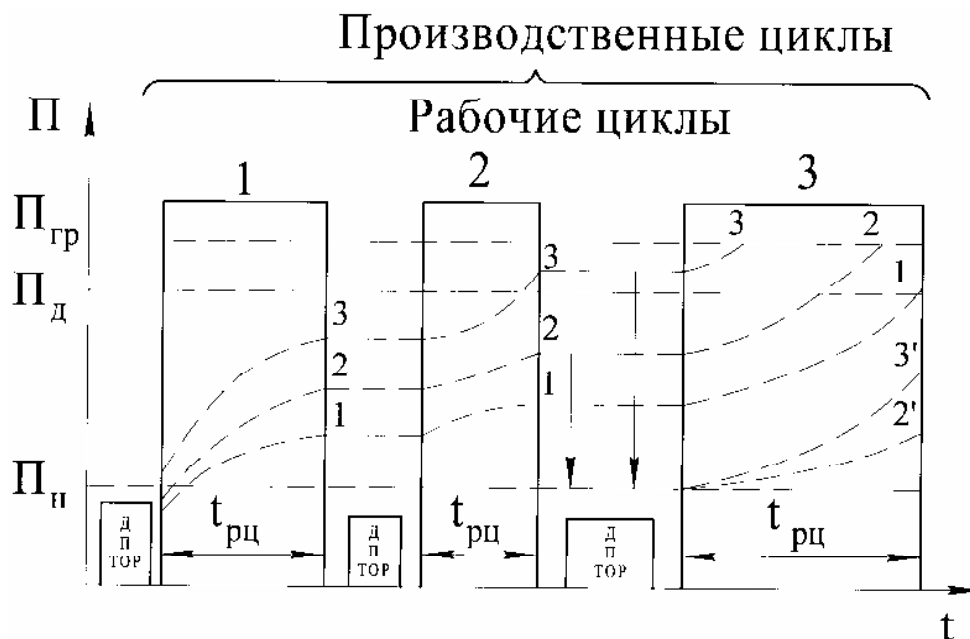


Рис.35. Стратегия превентивного ТО тракторов

Таким образом, перед первым циклом проводят диагностирование всех механизмов, в основном определяющих безотказность трактора в предстоящий рабочий цикл. Те из них, диагностические параметры которых находятся за пределами допуска, подлежат ремонтно-обслуживающим воздействиям. Это относится и к механизмам, параметры которых по прогнозу в предстоящее время работы выйдут за предельное значение. Перед началом следующего цикла вновь проводят предцикловое диагностирование (возможно со своей, отличной от предыдущей, структурой диагностических операций) технического состояния трактора. Содержание работ также состоит из диагностических, прогнозирующих и ремонтно-обслуживающих операций. Если по прогнозу параметры не выйдут за предельное значение (рис. 35, цикл II, п.3), обслуживание этих механизмов не проводят.

Перед следующим циклом полевых работ трактор вновь подвергается диагностико-прогнозирующим и ремонтно-обслуживающим воздействиям. Последние определяются его фактическим состоянием, закономерностями изменения технического состояния механизмов трактора в данном (третьем) цикле работы. Если при прогнозе установлено, что параметры 2 и 3 с высокой вероятностью могут выйти за предельное значение, то этим механизмам проводят ремонтно-обслуживающие воздействия, восстанавливая значение параметра, близкое к номинальной величине.

не. Затем контрольным диагностико-прогнозирующим экспресс-воздействием, которое обязательно после проведения ТОР, прогнозируют безотказность указанных механизмов.

Как видно, описанная стратегия превентивного технического обслуживания тракторов и агрегатов в целом достаточно полно учитывает требования механизированных полевых процессов. Об этом свидетельствуют расчеты, проведенные на основе установленной аналитической взаимосвязи продолжительности технологических операций, циклов работ с показателями работоспособности тракторов и агрегатов. Реализация превентивного технического обслуживания тракторов позволяет учитывать индивидуальность изменения их технического состояния и обеспечивать требуемую (нормативную) безотказность тракторов.

Это можно получить и другим методом. Как правило, периодичность РОВ определяется интенсивностью достижения параметром технического состояния машины предельной (допустимой) величины. Допуск, предельная величина параметра рассчитываются на основе номинальных (близких к ним) нагрузок, например, допуск на изменение мощности двигателя, крюкового усилия, крутящего момента и др. И если их изменение достаточно или близко к границе выхода за допуски, проводятся ремонтно-обслуживающие воздействия. Но в сельскохозяйственном производстве имеются технологические операции, которые не требуют, чтобы параметр технического состояния находился обязательно в пределах допуска от номинала. Так, мощность двигателя по техническим требованиям не должна быть у тракторов меньше чем на 7...10% от номинала. Но трактору в составе посевного агрегата, на прикатывании, бороновании и других операциях достаточно иметь мощность двигателя 60...70%. Исходя из этого, при проведении ремонтно-обслуживающих воздействий тракторам перед предстоящими циклами полевых работ можно подбирать облегченный нагрузочный режим. Следовательно, при стратегии превентивного ТО можно увеличивать пределы допуска на изменения параметра, тем самым увеличивая наработку до очередного обслуживания.

Обеспечение дифференцированной работоспособности и безотказности тракторов на предстоящие циклы сдерживается

отмеченным выше характером изменения параметра потока отказов между обслуживаниями (см.рис.33). Требуется же в предстоящие циклы полевых работ иметь нормативную безотказность тракторов.

Основными управляемыми параметрами любой системы обслуживания являются периодичность, трудоемкость, содержание ремонтно-обслуживающих воздействий, параметры технического состояния (ПТС) и допуски на их изменение у составных частей машин при эксплуатации (рис. 36).

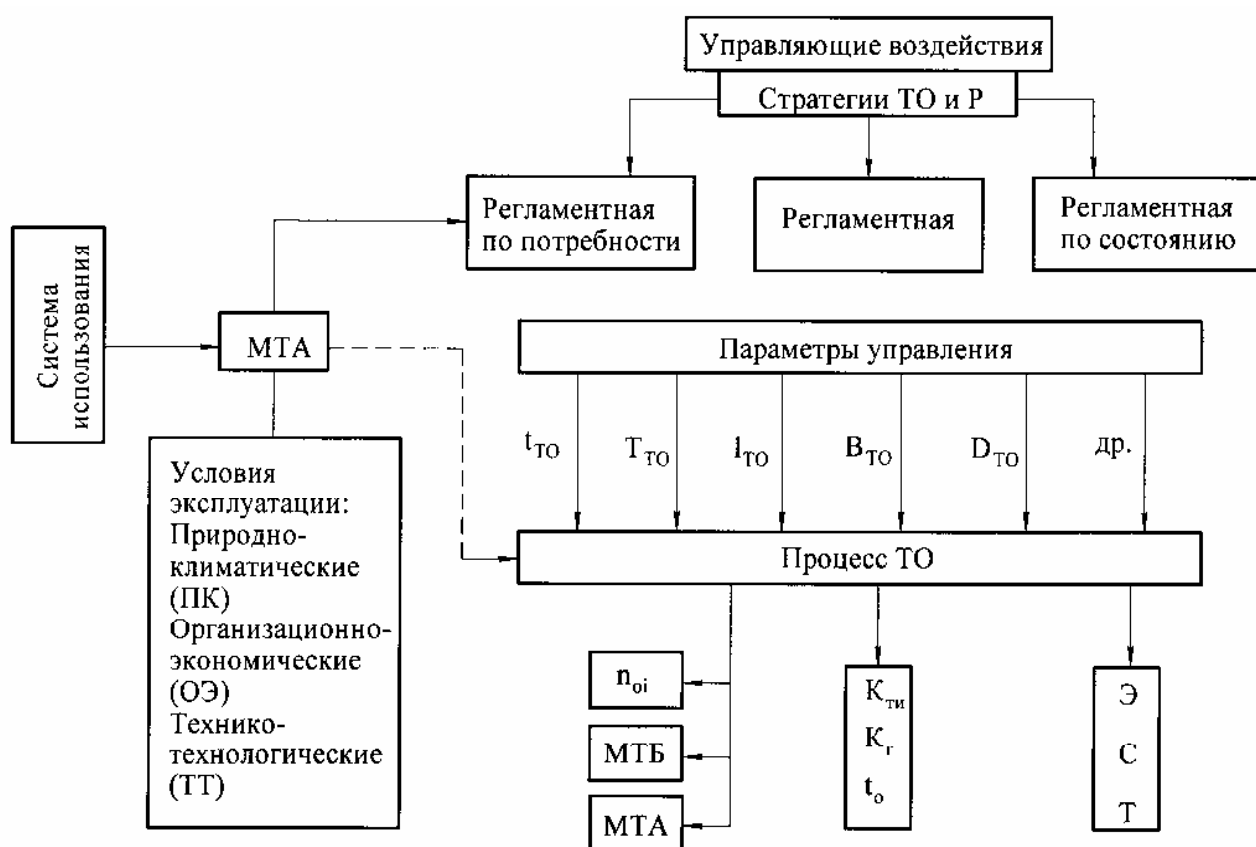


Рис.36. Схема взаимосвязи управляющих воздействий, управляемых параметров и выходных показателей процесса обслуживания:

$t_{\text{ТО}}$ – периодичность ТО, ремонта; $T_{\text{ТО}}$ – трудоемкость ТО, ремонта; $l_{\text{ТО}}$ – продолжительность ТО, ремонта; $N_{\text{ТО}}$ – количество и наименование операций ТО, ремонта; $D_{\text{ТО}}$ – допуски на изменение параметра технического состояния; др. – другие управляемые параметры.

Выходные параметры процесса ТО и Р: n_o – количество обслуживающего персонала i -й квалификации; МТБ – материально-техническая база; МТА – вид агрегата машины; $K_{\text{ти}}$, $K_{\text{г}}$ – коэффициент технического использования и готовности; t_o – наработка на отказ; Э, С, Т – затраты энергоресурсов, труда и денежных средств

Поэтому одной из задач при реализации стратегии превентивного технического обслуживания тракторов, когда задается их предстоящая наработка (равная продолжительности рабочего цикла), является определение возможной продолжительности безотказной работы трактора, то есть величины наработки (периодичности) до очередного обслуживания. Эта продолжительность не должна быть меньше наработки трактора в предстоящий рабочий цикл его использования в составе МТА. Известно, что продолжительность нахождения параметра технического состояния машины в пределах допуска, кроме всего прочего, определяется и величиной самого допуска. Чем больше допуск на изменение параметра технического состояния машины, тем больше времени можно использовать ее без проведения ремонтно-обслуживающих воздействий. Значит, машина дольше будет работать безотказно.

Отсюда при обосновании возможности безотказной работы трактора в предстоящий цикл использования целесообразно оптимизацию величины наработки до следующего технического обслуживания осуществлять с учетом допуска на изменение параметра технического состояния.

4.3. Циклы использования и технического обслуживания тракторов

Под циклом понимается совокупность процессов, явлений, составляющих кругооборот в течение известного промежутка времени. Производственный цикл - это период пребывания предмета труда в производственном процессе с начала изготовления до выпуска продукта в пределах одного предприятия. Период - это промежуток времени, охватывающий какой-либо законченный процесс.

Исходя из этих понятий, использование агрегатов и тракторов в растениеводстве можно подразделить по времени на следующие циклы:

- *производственный цикл* - это промежуток времени использования агрегатов, тракторов с весенне-полевых (закрытие влаги) до осенних (пахота зяби) работ, т.е. промежуток времени от начала производства продукции растениеводства до ее получения;

- под *рабочим циклом* понимается промежуток времени, в который укладывается совокупность процессов в растениеводстве. Например, весенний цикл (ВЦ) составляет совокупность процессов основной обработки почвы и посева, посадки сельскохозяйственных культур. Летний цикл (ЛЦ) включает в себя процессы по уходу за растениями, почвой (пары), уборочные процессы (травы на сено, сенаж и др.). Осенний цикл (ОЦ) есть совокупность процессов уборочного, транспортного, основной обработки почвы.

Под *периодом* проведения технологических операций понимаем промежуток времени внутри рабочего цикла, когда выполняется один законченный процесс, например, посев зерновых, посев силосных, посев однолетних трав в весеннем цикле.

В соответствии с принятыми определениями промежутков времени использования агрегатов, тракторов последние имеют три промежутка: производственный цикл ($t_{п.ц}$), рабочий цикл ($t_{р.ц}$), период использования тракторов ($t_{пи}$).

Под *агроперерывом* понимается промежуток времени внутри производственного цикла, когда МТА не используются из-за отсутствия агротехнической потребности возделываемых сельскохозяйственных культур в каких-либо операциях, способствующих их развитию. Агроперерывы между рабочими циклами (весенним, летним, осенним) использования агрегатов и тракторов назовем *межцикловыми* ($t_{пм}$), а между периодами проведения технологических операций внутри рабочих циклов - *внутрицикловыми* ($t_{пв}$).

По характеру использования технические системы (МТА, тракторы, комбайны, сельхозмашины и др.) подразделяются на системы:

- непрерывноработающие;
- дежурные;
- разового действия (рис. 37).

Тракторы составляют основу большинства агрегатов в течение производственного цикла, поэтому они принадлежат к техническим системам непрерывноработающим или дежурным. Сельхозмашины одного технологического назначения, как правило, относятся к системам разового использования.

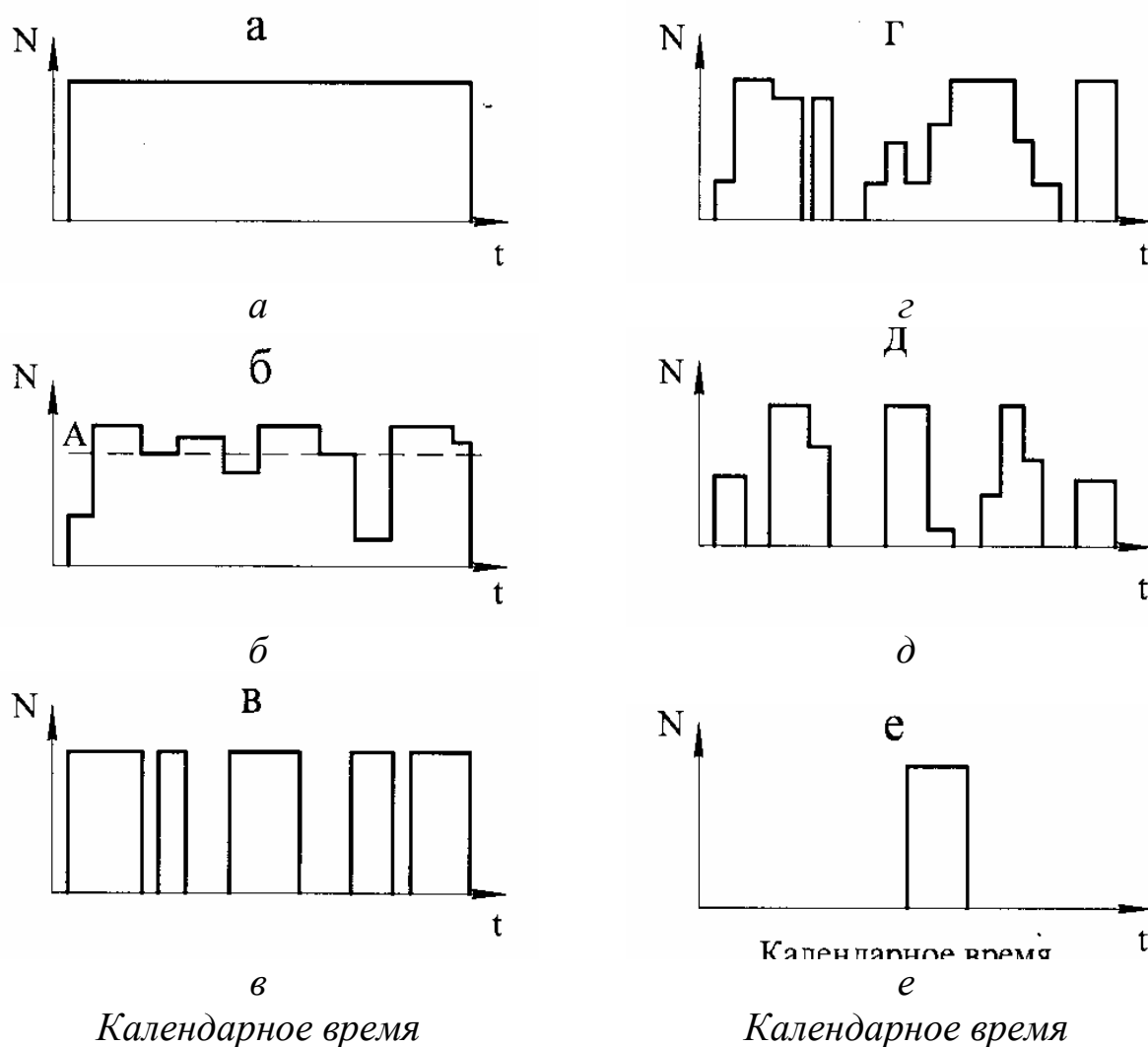


Рис. 37. Режимы использования машин: а-г - непрерывно работающие; д - дежурные; е - разового действия

Кроме этого, каждая техническая система может классифицироваться по режимам использования (по порядку работы). Для машин характерны два режима использования:

1) непрерывный режим работы, когда использование машин в течение определенного времени (например, за производственный цикл полевых работ) не имеет агроперерывов (межцикловых, внутрицикловых). В зависимости от количества одновременно используемых однотипных машин во времени (характер загрузки) режим работы машин может быть непрерывно-постоянным и непрерывно-переменным (рис. 37 а, б);

2) прерывный режим, при котором в течение производственного цикла или сезонного (летнего, осеннего) цикла при использовании машин появляются агроперерывы - межцикловые и

внутрицикловые. Аналогично предыдущему случаю в зависимости от характера загрузки, количественного состава машин их режим работы может быть прерывно-постоянным и прерывно-переменным (рис. 37 в, г).

Если рабочие циклы, периоды непродолжительны и чередуются с длительными межцикловыми или внутрицикловыми агроперерывами, вследствие чего общая длительность агроперерывов за производственный цикл превышает длительность рабочих периодов, режим работы машин следует считать прерывно-кратковременным (рис. 37 д). Для машин разового действия в производственном или рабочем цикле режим работы будет кратковременным.

Таким образом, прерывность циклов однозначно свидетельствует о наличии остановок технологического процесса или появлении агроперерывов. Переменность в количестве используемых машин в тот или иной промежуток времени производственного, рабочего циклов говорит о различном уровне технической оснащённости. Здесь важно отметить следующее. Переменность в численном составе машин в каком-либо цикле (рис. 37 б, г) говорит о том, что для части машин наступил агроперерыв (машины выше линии А Б), следовательно, режим использования для них (только для них) является прерывно-кратковременным. То есть, если рассматривать все машины (всю совокупность) в цикле, характер режима использования имеет один вид. Но если рассматривать использование машин дифференцированно (индивидуально), то картина становится иной. За общим видением открываются особенности, имеющие принципиальные отличия.

Анализ использования тракторов на различных этапах технического оснащения растениеводства показывает, что в 1930-1950-е годы основным режимом использования тракторного парка был непрерывно-переменный (рис. 38 а).

Из-за малочисленности тракторного парка (малой единичной мощности) при большом объеме полевых работ была потребность в непрерывном использовании тракторов в течение производственного цикла.

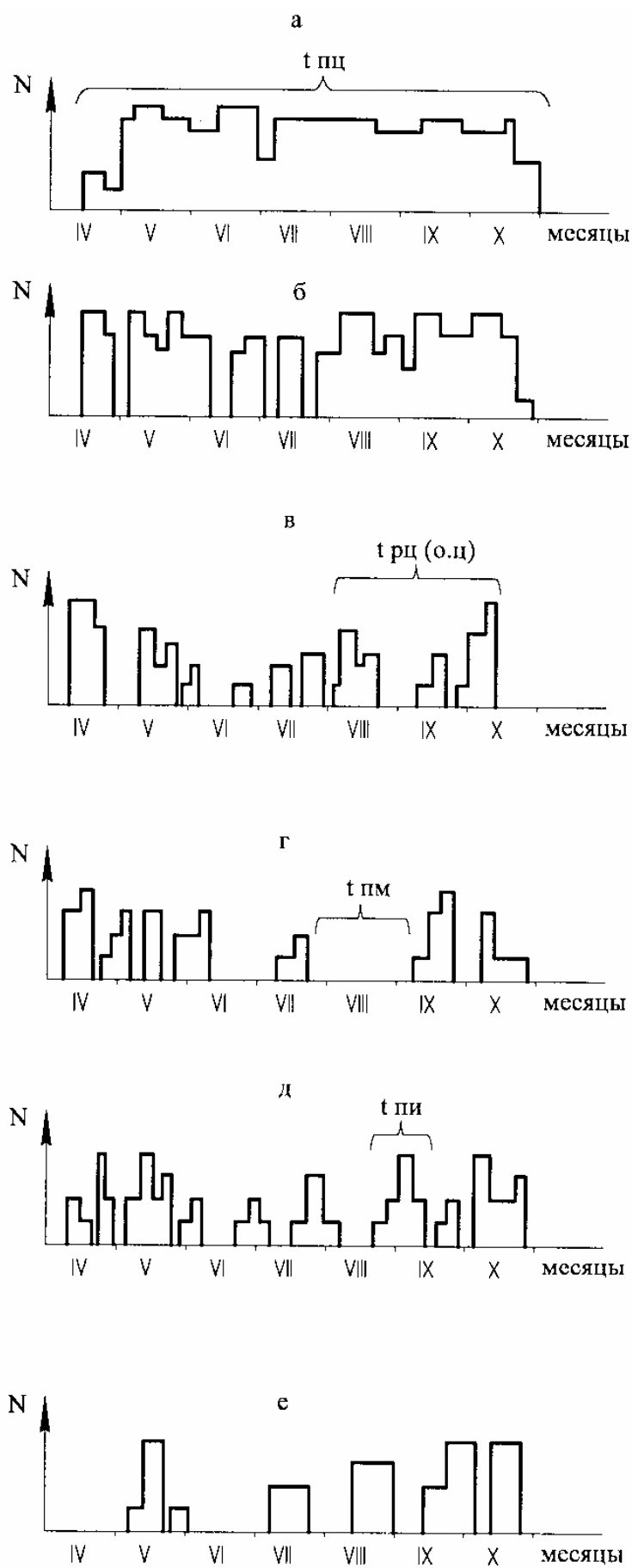


Рис.38 Циклы и периоды использования тракторов:
а -СХТЗ-НАТИ (1940-1950 гг.); б - ДТ-54 (1955-1965 гг.);
в - МТЗ-50 (1975-1980 гг.); г - ДТ-75 (1975-1980 гг.);
д - ДТ-75М (1985-1990 гг.); е - К-701 (1990-1995 гг., в КИТ);
N - количество тракторов

С увеличением количества тракторов в 1960-е годы по сравнению с уровнем 40-х годов (более чем в три раза) и ростом единичной мощности тракторов (почти в два раза) режим их использования становится прерывно-переменным (рис. 38 б). В 80-е годы, когда по сравнению с уровнем 1965 г. суммарная мощность тракторного парка в сельском хозяйстве возросла в четыре раза, режим использования тракторов в полеводстве стал прерывно-кратковременным (рис. 38 в, г). При внедрении в производство новых методов использования техники, форм организации труда механизаторов в растениеводстве кратковременность использования тракторов в производственном и рабочем цикле стала еще более значительной (рис. 38 д, е).

Если выразить зависимость продолжительности периода технологических операций через техническую оснащенность и коэффициент работоспособности агрегатов:

$$t_{\text{ПИ}} = W_{\text{ПИ}} / n W_{\text{СУТ}} K_{\text{РМТА}}, \quad (14)$$

где $W_{\text{ПИ}}$ - объем полевых работ за период (например, у.э.га); n - количество агрегатов с суточной производительностью $W_{\text{СУТ}}$; $K_{\text{РМТА}}$ - коэффициент работоспособности агрегата, то получится, что чем больше агрегатов и выше их суточная производительность (зависит от единичной мощности трактора и количества часов работы агрегата в сутки), тем меньше продолжительность (при заданном коэффициенте работоспособности МТА) периода технологических операций.

Производная по времени от наработки за период работ

$$y' = \frac{dW_{\text{ПИ}}}{dt_{\text{ПИ}}} = \text{tg} \alpha, \quad (15)$$

показывает скорость (интенсивность) выполнения работ в периоде (иногда эту величину называют темпом выполнения работ). Отсюда

$$y' = \text{tg} \alpha = (n W_{\text{СУТ}} K_{\text{РМТА}}). \quad (16)$$

Если принять за продолжительность рабочего цикла (например, весеннего) календарное время от начала первого процесса (закрытия влаги) до окончания последнего процесса в цикле (посев трав), то есть $t_{\text{р.ц}} = D_{\text{КА}}$, где $D_{\text{КА}}$ - календарная продолжительность рабочего цикла согласно агротребованиям, то рабочее время в цикле будет равно сумме продолжительностей периодов:

$$t_{\text{ч.р.ц}} = \sum_{i=1}^n t_{\text{п.и}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{\text{п.и}i}}{\sum_{i=1}^n n_i W_{\text{сут}i} K_{\text{р.м.т.а}i}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n y'_i}. \quad (17)$$

Другими словами, чем выше темпы выполнения работ в i -м периоде, тем меньше будет затрачиваться чистого рабочего времени на выполнение всего объема работ в календарном цикле, тем больше будет продолжительность внутрицикловых агроперерывов:

$$t_{\text{п.в}} = t_{\text{р.ц}} - \sum_{i=1}^n t_{\text{п.и}} = t_{\text{р.ц}} - t_{\text{ч.р.ц}}. \quad (18)$$

Таким образом, подтверждается закономерность изменения характера и режима использования МТА, тракторов (рис. 39) по мере роста технической оснащенности растениеводства, повышения работоспособности (надежности) машин или же роста суточной производительности МТА за счет сменности их использования, увеличения времени смены.

Трудоемкость технического обслуживания тракторов пропорциональна их наработке (например, измеряемой по расходу топлива):

$$\sum T_{\text{то.т}} = \frac{Q_{\text{п}}}{I_{\text{то}}} t_{\text{то}}, \quad (19)$$

где $\sum T_{\text{то.т}}$, $t_{\text{то}}$, $I_{\text{то}}$ - суммарная трудоемкость, трудоемкость вида технического обслуживания, периодичность его проведения соответственно; $Q_{\text{п}}$ - расход топлива тракторами за период использования.

Расход топлива пропорционален объему выполненных работ за время периода. Поэтому чем больше выполненных работ, тем выше трудоемкость обслуживания тракторов за время его продолжительности.

Темп нарастания трудоемкости обслуживания

$$y'_{\text{то}} = \frac{d \sum T_{\text{то.т}}}{dt_{\text{п}}}. \quad (20)$$

Из $Q_{\text{п}} = f(W_{\text{п}})$ следует:

$$y'_{\text{то}} = K y'. \quad (21)$$

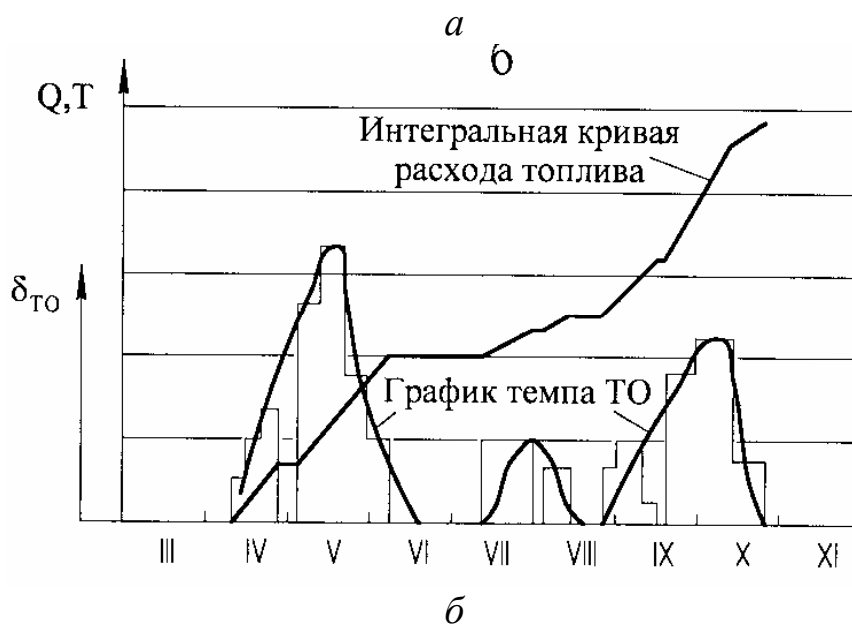
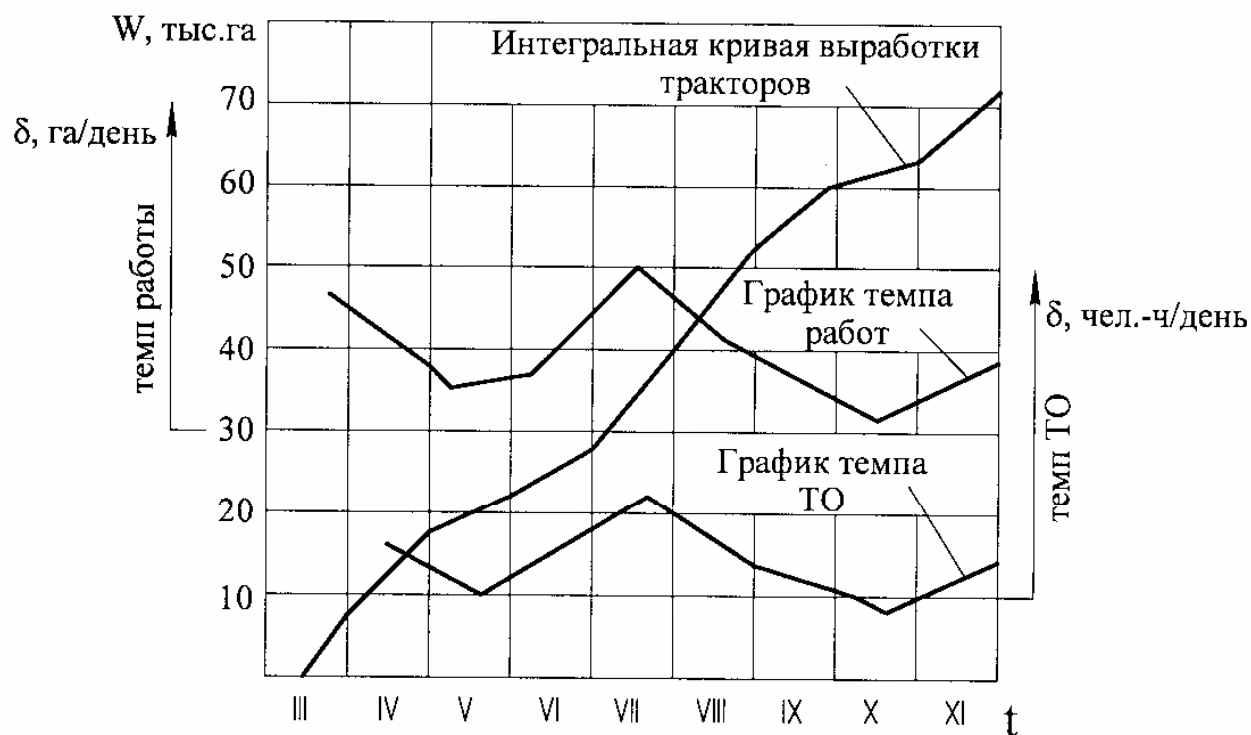


Рис. 39. Интегральные кривые выработки тракторов: на Азовской МТС, 1939 г. (а) и Т-4А, 1985 г. (б) и расхода топлива (изменение темпов: работы $\delta = dW/dt_{\text{пи}}$; ТО – $\delta_{\text{ТО}} = T_{\text{ТО}}/dt_{\text{пи}}$)

Это означает, что характер изменения интенсивности (темпа нарастания) трудоемкости технических обслуживаний (при ПП СТО и Р) в периоды, циклы выполнения полевых операций аналогичен характеру изменения темпов работ (рис. 39 а). Чем выше темпы работ за счет технической оснащенности, интенсификации и использования ресурсов (время работы за сутки), тем выше темпы нарастания трудоемкости (рис. 39 б).

Однако для техобслуживания тракторов агрегаты останавливают, прекращая выполнение технологического процесса, следовательно, общая продолжительность периода увеличивается:

$$t_{\text{пн}}^{\Phi} = t_{\text{пн}} + t_{\text{пр.то}}. \quad (22)$$

Рассмотренное показывает наличие противоречивости двух процессов использования и обслуживания агрегатов: чтобы сократить продолжительность периодов и рабочих циклов, увеличивают их техническую оснащенность, повышают (за счет обслуживания в том числе) коэффициент работоспособности МТА, тем самым увеличивая темп выполнения операций. Но тогда возрастает темп нарастания трудоемкости обслуживания, увеличиваются простои МТА, что обуславливает увеличение фактической продолжительности периода, рабочего цикла. Режимы использования агрегатов в современных условиях реализации механизированных процессов, принципиально отличающиеся от режимов их использования в 1950-1960-е годы, возросшая противоречивость двух процессов (использования и обслуживания) позволили выдвинуть гипотезу о технико-технологической и экономической целесообразности их разделения по времени реализации в агроперерывы - межцикловые и внутрицикловые.

На основании изложенного мы считаем, что построение и функционирование перспективной СТО и Р тракторов должны быть такими, как показано на рис. 40.

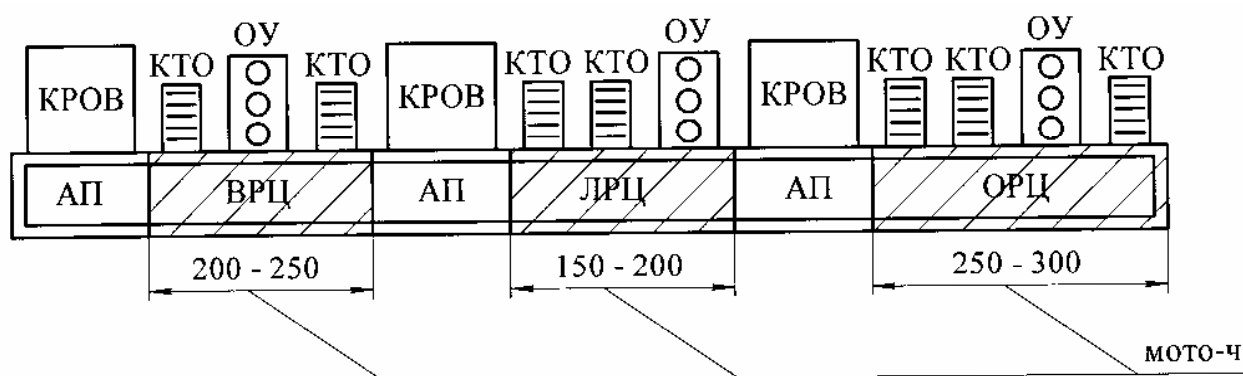


Рис.40. Структура ремонтно-обслуживающих воздействий тракторам: АП - агроперерывы; ВРЦ, ЛРЦ, ОРЦ - рабочие циклы использования тракторов (весенний, летний, осенний); КРОВ - комплексные ремонтно-обслуживающие воздействия; КТО - комплексное техническое обслуживание; УО - устранение отказов

Ежегодно в течение зимнего периода проводится текущий ремонт тракторов на основе узлов и агрегатов, которые прошли капитальный или текущий ремонт. Перед каждым рабочим циклом полевых работ тракторам проводятся на стационаре комплексные ремонтно-обслуживающие воздействия (КРОВ) с дифференцированным (по трудоемкости и структуре) ремонтом. Их комплексность определяется проведением операций ТО-2 и требуемых операций текущего ремонта. Результаты внедрения предциклового метода обслуживания тракторов типа К-700 показали, что соотношение трудоемкостей операций обслуживания и ремонта находится в пределах 1,2...3,0, то есть трудоемкость текущего ремонта превышает трудоемкость обслуживания в два-три раза. Очевидно, это соотношение изменится для тракторов, которые эксплуатируются за пределами срока амортизации. Трудоемкость текущего ремонта, вероятно, будет превышать трудоемкость операций ТО-2 в три-пять раз.

Во время рабочих циклов тракторам проводятся комплексные технические обслуживания (КТО), которые включают в себя операции ЕТО, ТО-1 и устранение неисправностей первой группы сложности. Периодичность КТО в среднем 7...10 рабочих смен, то есть 50...95 мото-ч наработки тракторов. Устранение отказов тракторов во время рабочих циклов осуществляется агрегатным методом, который применяется и при КРОВ в агроперерывы, если их продолжительность у конкретных тракторов относительно рабочего цикла невелика (трое-пятеро суток).

Реализация такой СТО и Р тракторов позволит обеспечивать дискретно, на каждый рабочий цикл, необходимую работоспособность и безотказность МТА. Коэффициент технического использования тракторов в рабочие циклы в результате предциклового проведения КРОВ, применения агрегатного метода устранения неисправностей может составить 0,85...0,95.

4.4. Результаты внедрения предциклового метода технического обслуживания тракторов

Сущность предциклового метода технического обслуживания тракторов состоит в превентивном характере проведения ремонтно-обслуживающих воздействий тракторам перед предстоя-

щими циклами полевых работ. В результате этого происходит разделение процессов использования и обслуживания тракторов. Обслуживание при этом в основном реализуется с помощью стационарных средств и базы. Структура и объем ремонтно-обслуживающих воздействий определяются состоянием трактора, требованиями к его работоспособности, уровню безотказности в предстоящий рабочий цикл, закономерностями изменения ПТС тракторов в предстоящих эксплуатационных условиях.

Внедрение предциклового технического обслуживания тракторов «Кировец», разделенных на производственную и экспериментальную группы, осуществлялось в Красноармейском и Троицком РАПО Челябинской области.

Все тракторы экспериментальной группы проходили сезонное ТО на СТО-Т сельхозтехники. Перед обслуживанием им проводилось комплексное диагностирование технического состояния по 50—60 параметрам, что определяло фактическую потребность тракторов в ремонтно-обслуживающих воздействиях.

Обслуживание тракторов К-700 и К-701 по данной технологии перед весенним циклом полевых работ (25-30 апреля - 5-10 июня) позволило провести ТО с высоким качеством и своевременно, исходя из фактической потребности механизмов, обеспечить работу тракторов в весеннем цикле без проведения ТО-2.

Тракторам производственной группы до начала весенних полевых работ проводилось сезонное ТО на стационарных постах хозяйств, но в объеме, который определен этим видом обслуживания. Далее этим тракторам все виды технических обслуживаний (ТО-1, ТО-2, ТО-3) выполнялись с соблюдением периодичности и объема средствами, которые предусмотрены существующей системой технического обслуживания.

Тракторам экспериментальной группы 1-30 июня вновь проводили комплексное диагностирование на СТО-Т сельхозтехники, техническое обслуживание и ремонт по фактической потребности перед летним циклом полевых работ.

Перед осенним циклом полевых работ эти тракторы с 25 июля по 20 августа обслуживались на СТО-Т по новой технологии. После окончания осеннего цикла работ всем тракторам экспериментальной группы проводилось на СТО-Т (5 октября - 5 но-

ября) сезонное ТО с комплексным диагностированием, определяющим потребность в операциях обслуживания и ремонта.

Тракторам экспериментальной группы внутри циклов полевых работ (весеннего, летнего, осеннего) периодическое ТО-1 проводилось, как правило, на стационаре перед началом полевых операций, что позволяло исключать простои МТА во время обслуживания трактора с помощью АТО-А, повышать качество ТО. Перед выполнением ТО-1 проводилось диагностирование технического состояния тракторов в объеме диагностирования при ТО-2 (10...15 операций по параметрам).

В условиях эксперимента по техническому обслуживанию в Красноармейском РАПО находились три группы тракторов типа К-700: производственная группа (ПГ) - 75 шт., первая экспериментальная группа (ЭГ-1) - 23 шт., вторая экспериментальная группа (ЭГ-2) - 22 шт.

ЭГ-1 составили тракторы "Кировец", прошедшие один цикл технического обслуживания, диагностирования и ремонта на станции технического обслуживания тракторов Красноармейского ремонтно-технического предприятия (РТП) перед весенними полевыми работами. В ЭГ-2 вошли тракторы, прошедшие два и более циклов технического обслуживания, диагностирования и ремонта на СТО-Т РТП в период проведения производственного эксперимента в 1986 г.

Показателями, характеризующими использование тракторов и позволяющими дать оценку эффективности производственного эксперимента, являются наработка, количество отработанных смен, затраты на ТОР, отнесенные к наработке.

Средний срок службы тракторов ПГ и ЭГ-1 составил шесть лет, ЭГ-2 - пять лет.

Наработка тракторов ЭГ-2, отнесенная к физическому трактору К-700А, составила 2923 га, что на 47% выше соответствующего показателя производственной группы тракторов и на 5% выше, чем у тракторов ЭГ-1. Количество отработанных машиносмен составило 198, что больше этого показателя у ПГ на 57% и у тракторов ЭГ-1 на 17% .

Затраты на ТОР у ЭГ-2 составили 2090,4 руб. на физический трактор, что превышает на 6% этот показатель у ПГ.

Несмотря на некоторое увеличение затрат для тракторов ЭГ-2 по отношению к производственной группе, удельные затраты на ТОР у тракторов ЭГ-2 на 27% ниже соответствующего показателя тракторов ПГ и на 14% ниже, чем у ЭГ-1; они составили 0,72 руб./у.э.га.

Увеличение затрат на ТОР тракторов ЭГ-2 по отношению к ПГ связано с тем, что при обслуживании этой группы на СТО-Т объем ремонтно-обслуживающих воздействий определялся по фактической потребности в них каждой машины, а не по нормативным документам планово-предупредительной системы технического обслуживания тракторов ПГ. Как показали наблюдения, практически ни один трактор ЭГ-2 не имел "чистого" технического обслуживания без дополнительных ремонтных воздействий.

Следовательно, количество и сложность (стоимость) работ по техническому обслуживанию, диагностированию и ремонту в ЭГ-2 были выше, чем у тракторов ПГ. Однако совершенно очевидно, что мнимая экономия затрат на техническое обслуживание и ремонт в ПГ отрицательно сказывается на затратах и потерях при устранении неисправностей в последующее время. Снижение наработки на 41% и количества отработанных смен на 57% у ПГ проявилось уже непосредственно в период проведения производственного эксперимента.

Показатели использования тракторов ЭГ-2 превышают соответствующие показатели тракторов ПГ:

- тракторы ЭГ-2 практически не простаивали в периоды полевых работ (май, август, сентябрь) на обслуживании (ТО-2), что увеличило количество отработанных машиносмен в этот период на 32% относительно ПГ;

- объем и качество ремонтно-обслуживающих воздействий у тракторов ЭГ-2 были выше, так как СТО-Т располагала современным технологическим оборудованием, квалифицированными кадрами и более высоким уровнем организации процесса диагностирования, технического обслуживания и ремонта, чем хозяйства района.

Высокий производственный уровень (средства, кадры, организация) процесса ТОР дал возможность определить количество необходимых РОВ и выполнить их с высоким качеством.

При проведении технического обслуживания тракторов перед производственным циклом (полевым сезоном) в марте-апреле более 40% поступивших на СТО-Т "Кировцев" требовали проведения операций текущего ремонта. Инженерные службы хозяйств, где использовались тракторы из экспериментальной группы, направляли на обслуживание тракторы, которые в зимний период не прошли ТО-3 или текущий ремонт. В результате некоторые тракторы К-700 находились на СТО-Т в зоне текущего ремонта до пяти-семи суток. Им заменялись даже базовые агрегаты: двигатели, КПП, мосты, полурамы и другие агрегаты. Это обусловило значительный диапазон величины трудоемкости ТОР перед производственными циклами (табл. 13). При последующих обслуживаниях перед летним и осенним рабочими циклами трудоемкость ТОР в среднем была в два с половиной - три раза меньше. Однако практически при обслуживании не было ни одного трактора, которому бы не проводились ремонтные работы, в том числе с заменой агрегатов и узлов. С одной стороны, это вызвано тщательностью диагностирования тракторов перед обслуживанием (продолжительность около 4 ч). С другой стороны, многие тракторы эксплуатировались в хозяйствах без должного технического обслуживания, что предопределяло их потребность в текущем ремонте (отказы I, II, III групп сложности).

Таблица 13

Распределение трудоемкости предциклового технического обслуживания тракторов «Кировец»

Цикл обслуживания	Кол-во тракторов, шт.	Трудоемкость ТОР, чел.-ч		
		математ. ожидание	средне-квадр. отклонение	коэффициент вариации
Перед производственным циклом (март - апрель)	45	61,4	24,6	40,0
Перед летним циклом (июнь - июль)	23	28,8	8,3	28,8
Перед осенним циклом (июль-август)	22	34,5	12,1	35,0

Уместно отметить, что точного хронометража трудоемкости технического обслуживания и ремонта тракторов осуществить не удалось. Высокая трудоемкость выполнения работ по предцикло-вому техническому обслуживанию тракторов за относительно малый промежуток времени вызвала необходимость участия в обслуживании студентов и аспирантов, которые одновременно вели учет видов ремонтно-обслуживающих воздействий, расхода запасных частей, материалов и др. Поэтому трудоемкость в последующее время (после окончания цикла обслуживания) устанавливали по учетным листам слесарей и мастеров-наладчиков в бухгалтерии предприятия. Естественно, это обусловило погрешность в расчете величины трудоемкости проведенных работ. Однако проведенный в каждом цикле обслуживания тракторов выборочный (единичный) достаточно полный хронометраж позволяет сделать вывод, что погрешность расчета трудоемкости ремонтно-обслуживающих воздействий по учетным листам (нарядам) исполнителей находится в пределах 12...15%.

По результатам производственного внедрения предциклового метода технического обслуживания «Кировцев» в Троицком РАПО (1987 г.) получены следующие данные.

Под наблюдением находились две группы тракторов типа «Кировец»: производственная группа (ПГ) состояла из 51 машины, в том числе К-701 - 24 шт., К-700А - 27 шт.; контрольная группа (КГ) включала в себя 36 машин, в том числе К-701 - 15, К-700А - 21 машина.

В контрольную группу вошли тракторы типа «Кировец», прошедшие два и более технических обслуживания перед циклами полевых работ на станции технического обслуживания Троицкого РТП. Техническое обслуживание проводилось по результатам диагностирования с учетом фактического состояния трактора и вида предстоящего цикла полевых работ. В результате производственного внедрения предциклового метода ТО тракторов получены следующие результаты: наработка трактора К-701 составила в среднем 2400 у. э. га, что на 50% превышает соответствующий показатель тракторов производственной группы.

Количество отработанных машиносмен у тракторов К-701 контрольной группы составило 124, что больше этого показате-

ля у тракторов ПГ на 63%; у тракторов К-700 этот показатель в контрольной группе составил 130, то есть на 48% выше, чем у тракторов ПГ.

Затраты на ТОР в контрольной группе тракторов К-701 составили 1742 рубля на трактор, что на 26% ниже, чем у тракторов ПГ, а у тракторов К-700А этот показатель на 7% ниже, чем у тракторов ПГ.

Удельные затраты на техническое обслуживание и ремонт у тракторов К-701 контрольной группы на 88% ниже, чем у тракторов ПГ, у тракторов К-700А - на 80% ниже, чем у тракторов ПГ. Это говорит о высокой эффективности внедряемой технологии стационарного ТО, несмотря на то, что тракторы «Кировец» обслуживаются после диагностирования по фактическому состоянию, требующему больше затрат на ТОР.

Систематизация и обработка математических данных по наработке и отказам тракторов К-700, К-701 за время производственного цикла позволили установить следующее.

При предцикловом техническом обслуживании тракторов "Кировец" их наработка на отказ возрастает с увеличением трудоемкости РОВ. Эта закономерность описывается зависимостью вида $t_0(T_0) = 60 + 0,92T_{\text{РОВ}}$ в интервале величины трудоемкости РОВ от 65 до 195 чел.-ч/1000 мото-ч. Меньшее значение трудоемкости примерно соответствует фактической величине трудоемкости регламентного технического обслуживания (совместно с трудоемкостью устранения сопутствующих неисправностей) тракторов К-700, когда выполняется до 40...60% операций ТО. Наибольшая величина трудоемкости РОВ (190...200 чел.-ч/1000 мото-ч) практически в два раза превышает трудоемкость регламентных обслуживаний.

Внедрение предциклового метода технического обслуживания тракторов в семи коллективах интенсивного труда (КИТ) в ОПХ "Батуриновское" в 1989-1990 гг. организационно было проводить значительно легче по сравнению с указанными выше сельскохозяйственными предприятиями. Высокая техническая оснащенность звеньев тракторами и другими самоходными машинами при зернотравяном севообороте обуславливала цикличную по времени потребность в тракторах. Весной механизаторы работа-

ли на «Кировцах» и Т-4А, летом - на МТЗ-80 и комбайнах КСК-100, КС-5, а осенью поочередно на МТЗ-80 и КСК-100 (уборка силосных); К-701, Т-4А и Т-150К (пахота зяби). Поэтому тракторы одной марки, отработавшие в первом цикле, не использовались в последующем цикле. Это позволяло готовить их на стационарном посту технического обслуживания к следующему рабочему циклу, что при высокой занятости механизаторов на технологических операциях обеспечивало готовность техники в течение всего полевого сезона.

Обслуживание тракторов в хозрасчетных коллективах по предцикловому методу позволило около 85% ТО-2 и 40% ТО-1 тракторам проводить на стационарном посту в межцикловые агроперерывы. В результате сокращения простоев МТА во время выполнения полевых операций в связи с исключением необходимости проведения тракторам ТО составило за производственный цикл 430 ч. За счет повышения качества обслуживания на СПТО специализированной службой, своевременности проведения ТО простои МТА из-за отказов тракторов сократились на 4800 ч. Коэффициент технического использования тракторов при выполнении механизированных процессов в растениеводстве составил в среднем 0,90...0,95, то есть стал выше на 10 - 15% по сравнению с традиционными методами технического обслуживания.

При внедрении предциклового метода технического обслуживания тракторов отчетливо проявилась вторая сторона проблемы обеспечения работоспособности агрегатов - низкая технико-технологическая надежность с.-х. машин. Особенно это препятствовало повышению эффективности работы механизаторов, использования тракторов в коллективах интенсивного труда. Практически на порядок большее по сравнению с тракторами количество сложных сельхозмашин в звеньях, высокая трудоемкость ремонтно-обслуживающих работ, повышенная требовательность интенсивных технологий к качеству технологической настройки предопределяли отвлечение механизаторов от основной работы. Продолжительность ремонтно-обслуживающих работ по сельхозмашинам в звеньях составляла до 20 - 30% месячного фонда рабочего времени механизаторов.

Положительный опыт внедрения предциклового технического обслуживания тракторов стал одним из важнейших факторов развития в ОПХ "Батуриновское" специализированных служб по технико-технологическому обслуживанию машин и агрегатов в целом, что в дальнейшем показало достаточно высокую технико-экономическую эффективность.

Обобщение результатов внедрения предциклового метода технического обслуживания тракторов, используемых в составе машинно-тракторных агрегатов в растениеводстве, однозначно свидетельствует о повышении работоспособности тракторов и агрегатов, об эффективности их использования.

Рассмотренный в разделе материал позволяет сделать следующие выводы.

Основной причиной низкой безотказности тракторов между очередными техническими обслуживаниями является проведение РОВ, регламентированных по структуре и объему, что не соответствует фактической потребности механизмов тракторов нормативам безотказности МТА.

Характер использования тракторов в составе полевых машинно-тракторных агрегатов при современном уровне технического оснащения механизированных процессов в растениеводстве во времени является прерывно-кратковременным. Рабочие циклы трактора в производственном цикле чередуются с агроперерывами, позволяющими по своей продолжительности осуществлять в полном объеме ремонтно-обслуживающие воздействия тракторам и МТА, определяемые по объему и структуре операций требованиями предстоящих технологических процессов к работоспособности машин.

Закономерности изменения параметров технического состояния тракторов определяются не только наработкой, но не в меньшей степени условиями эксплуатации (нагрузочные и скоростные режимы, запыленность и температура воздуха, природные характеристики и др.). Установление этих закономерностей экспериментально является технико-технологической основой дифференцированного технического обслуживания тракторов.

Предциклового метод технического обслуживания тракторов и метод формирования закономерностей изменения их техниче-

ского состояния путем подбора менее интенсивных предстоящих условий эксплуатации, базирующиеся на основе стратегии превентивного проведения дифференцированных ремонтно-обслуживающих воздействий с учетом перспективных закономерностей изменения технического состояния механизмов тракторов, позволяют повысить на 30...40% качество технического обслуживания, в 1,8...2,0 раза наработку на отказ в предстоящие циклы реализации производственных процессов в растениеводстве, сократить их продолжительность в 1,3...1,5 раза.

Концентрация ремонтно-обслуживающих воздействий, осуществляемых тракторам перед предстоящими рабочими циклами, интенсификация стационарного процесса технического обслуживания с целью обеспечения дифференцированного ресурса составным частям тракторов предопределяют увеличение разовой трудоемкости профилактических работ в два-четыре раза по сравнению с нормативами регламентного ТО. Удельная трудоемкость (на единицу выполненной работы) ремонтно-обслуживающих воздействий за время производственного цикла использования тракторов не превышает величины аналогичного показателя в сравниваемом процессе технического обслуживания.

4.5. Эффективность стратегий обеспечения работоспособности тракторов

Проблема обеспечения работоспособности машинно-тракторных агрегатов (МТА), в том числе их энергетической основы - тракторов, при использовании в растениеводстве все годы развития механизации производственных процессов в сельском хозяйстве была и остается наиболее актуальной. Основными причинами особой важности данной инженерной проблемы являются следующие.

Строгая агротехнологическая регламентированность выполнения полевых операций по срокам, продолжительности необходима и может быть достигнута только при достаточном количестве и высокой единичной производительности МТА. Однако даже в период наиболее интенсивного технического оснащения сельскохозяйственного производства (1965-1980 гг.) количество тракторов, самоходных комбайнов в среднем не превышало

70...80% от нормативной потребности. В сочетании с низкой эксплуатационной надежностью энергетических машин, агрегатов в целом это предопределяло превышение фактической продолжительности основных механизированных процессов по сравнению с агропотребностями в три-пять, нередко и более раз.

В настоящее время из-за отсутствия средств у сельскохозяйственных товаропроизводителей оснащенность аграрного сектора техникой сократилась до 40...60% от нормативной, а более 80% составляющих его машин исчерпали срок службы. Уровень эксплуатационной безотказности отработавших амортизационный срок тракторов и комбайнов снизился значительно. Отечественное сельское хозяйство, очевидно, в обозримом будущем не сможет ликвидировать нехватку качественных тракторов и комбайнов.

Следовательно, для сохранения минимально необходимого уровня механизации полевых процессов остается единственный путь - обеспечение работоспособности имеющегося машинно-тракторного парка в основном силами и средствами инженерных служб сельскохозяйственных предприятий. Обусловлено это незначительным объемом выполнения работ по обслуживанию и ремонту машин заводами-изготовителями и ремонтно-обслуживающими предприятиями АПК.

В свою очередь повысить техническую готовность машин можно путем интенсификации ремонтно-обслуживающего процесса - увеличения затрат труда, финансовых и материальных ресурсов. Только в этом случае при практически постоянной величине остаточной годности тракторов и комбайнов независимо от срока службы (величина остаточной годности соответственно 0,53 и 0,37) можно повысить их работоспособность.

Но основу реализации ремонтно-обслуживающего процесса на сельскохозяйственных предприятиях должны составлять стратегия превентивного (опережающего полевые рабочие циклы по времени) проведения ремонтно-обслуживающих воздействий (РОВ) машинам и предциклового метод обеспечения работоспособности МТА в напряженные циклы полевых работ. Сущность рассматриваемых стратегии и метода заключается в концентрации РОВ тракторам перед рабочими циклами полевых операций (весенних, летних, осенних), дифференциации трудоемкости и

содержания ремонтно-обслуживающих операций, определяемых потребительскими свойствами и условиями эксплуатации МТА в предстоящие циклы полевых работ.

Для доказательства правомерности сказанного сравним технико-технологическую эффективность различных стратегий обеспечения работоспособности тракторов, используемых в растениеводстве. К оценке эффективности стратегии обеспечения работоспособности тракторов, качества проведения РОВ предлагается подойти с позиций определения их влияния на потребительские (безотказность, работоспособность, готовность при использовании и др.) свойства предмета (объекта) обслуживания, то есть с позиций оценки мероприятий, предупреждающих накопление и возникновение отказов (рис.41).

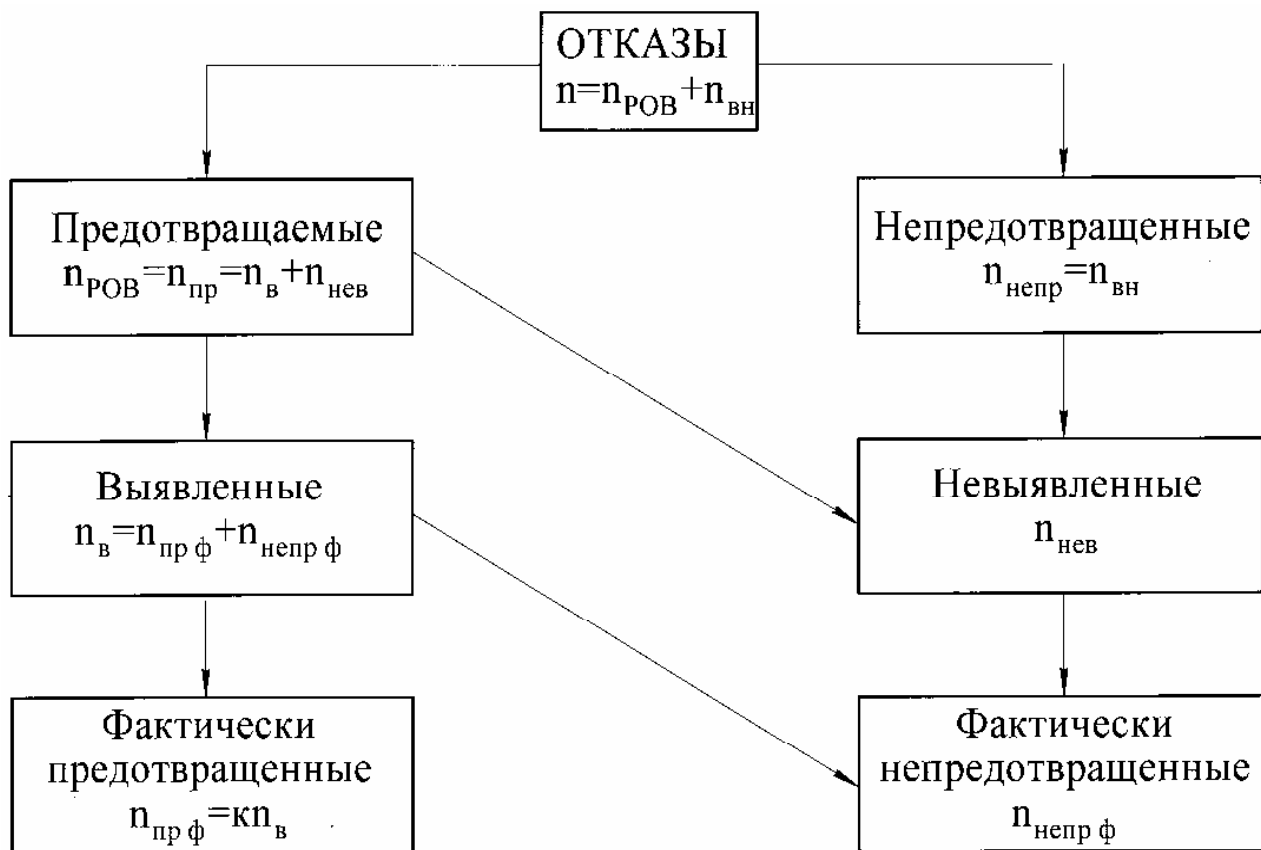


Рис.41. Схема отказов машин

Все отказы подразделяются на внезапные и постепенные. Принимаем, что при проведении РОВ можно оказывать значимое влияние (с точки зрения предупреждения) на количество постепенных отказов:

$$n_{\text{РОВ}} = n - n_{\text{ВН}}, \quad (23)$$

где $n_{РОВ}$ - количество отказов, которые возможно устранить при проведении РОВ; n - общее количество отказов; $n_{вн}$ - количество внезапных отказов.

Допустим, что все $n_{РОВ}$ могут быть предотвращены, хотя не все постепенные отказы можно предотвратить. Часто трудно определить медленные изменения параметров различных составных частей машин (СЧМ).

Из выражения (23) следует, что при $n_{РОВ} = n_{пр}$

$$n_{РОВ} = n_{пр} = n - n_{вн}, \quad (24)$$

где $n_{пр}$ - количество отказов, которые можно предотвратить у данной марки трактора.

Отметим, что деление отказов на предотвращаемые и непредотвращаемые в процессе реализации технического обслуживания вводится лишь для оценки эффективности этого процесса и до некоторой степени условно. Совершенствование стратегий ТО, методов и средств диагностирования, прогнозирования технического состояния машин, повышение показателей их ремонтпригодности приводят к тому, что все большая часть изменений в машинах может быть обнаружена и часть отказов будет предупреждена.

Соотношение между числом предотвращаемых и непредотвращаемых отказов тракторов оценивается коэффициентом характера отказов:

$$A = \frac{n_{пр}(t)}{n_{пр}(t) + n_{непр}(t)}, \quad (25)$$

где $n_{пр}(t)$, $n_{непр}(t)$ - число предотвращаемых и непредотвращаемых отказов в данном типе трактора. Здесь принято с учетом (23) и (24), что $n_{вн} = n_{непр}$.

На величину коэффициента характера отказов тракторов оказывают влияние конструктивные и технологические, эксплуатационные факторы, стратегии, режимы, методы и средства системы ТО и Р, показатели ремонтпригодности и др.

Величина коэффициента характера отказов может быть определена для конкретных тракторов на основе статистических данных по отказам.

Так как мы решаем задачу по оценке эффективности той или иной стратегии и качества проведения РОВ тракторам, то можно

принять обобщенное (среднее) значение коэффициента характера отказов, например, для "Кировцев" $A = 0,65$, то есть $n_{\text{пр}} \approx 0,65$.

Считая, что при нормативной системе ТО и Р тракторов можно устранить все предотвращаемые отказы, оцениваем качество какой-либо анализируемой системы обслуживания (построенной на определенной стратегии) вероятностью предотвращения отказов $P_{\text{пр}}$ тракторов при проведении РОВ, которая выражается отношением числа фактически предотвращенных неисправностей к общему числу предотвращаемых отказов:

$$P_{\text{пр}} = n_{\text{пр}}^{\phi} / n_{\text{пр}}, \quad (26)$$

где $n_{\text{пр}}^{\phi}$ - число отказов, действительно предотвращенных при реализации процесса РОВ с данными параметрами.

В свою очередь количество фактически предотвращаемых отказов у трактора зависит от количества выявленных путем диагностирования и прогнозирования отказов $n_{\text{в}}$ при проведении обслуживания, а также от уровня полноты и тщательности проведения операций ТО и ремонта. Ведь мало выявить неисправность, нужно предпринять практические действия для ее устранения. Из сказанного следует:

$$n_{\text{пр}}^{\phi} = f(n_{\text{пр}} - n_{\text{нв}}) = f(n_{\text{в}}) \quad (27)$$

или

$$n_{\text{пр}}^{\phi} = Kn_{\text{в}} \text{ при } K \leq 1. \quad (28)$$

Следовательно, эффективность диагностирования $K_{\text{эв}}$ можно выразить отношением

$$K_{\text{эв}} = n_{\text{в}} / (n_{\text{в}} + n_{\text{нв}}), \quad (29)$$

а качество проведения РОВ по результатам диагностирования (и прогнозирования) формулой

$$K_{\text{пр}}^{\phi} = \frac{n_{\text{пр}}^{\phi}}{n_{\text{в}}}. \quad (30)$$

Тогда качество выполнения профилактических работ в целом с учетом (20, 29, 30 $n_{\text{пр}} = n_{\text{в}} - n_{\text{нв}}$) определяем по формуле

$$P_{\text{пр}} = K_{\text{эв}} K_{\text{пр}}^{\phi} = P_{\text{в}} P_{\text{пр}}^{\phi} \quad (31)$$

Таким образом, качество процесса технического обслуживания определяется эффективностью диагностирования и качеством проведения ремонтно-обслуживающих работ. Эффективность диагностирования (выявления) неисправностей пропорциональна количеству выявленных неисправностей за какое-то время.

Регулярный процесс выявления неисправностей характерен тем, что заранее известны последовательность и продолжительность каждой операции по выявлению неисправностей.

Вероятность того, что неисправные СЧМ (трактора) не будут обнаружены при данном диагностировании, обусловлена двумя причинами:

- недостаточной точностью измерительной аппаратуры. Вероятность выявления неисправностей по этой причине обозначим через δ ;

- недостатком времени на диагностирование. Вероятность выявления неисправностей в данном случае прямо пропорциональна длительности проведения диагностирования, то есть равна αT_d , где $\alpha = 1/T_{до}$ - коэффициент пропорциональности, характеризующий производительность диагностических работ.

Синтез научных работ и наши исследования показали, что значения δ и $T_{до}$ зависят от технологической способности ε средств, методов M_d и места P_c диагностирования, а также приспособленности тракторов P_t к диагностированию:

$$(\delta, T_{до}) = f(\varepsilon, M_d, P_c, P_t), \quad (32)$$

а возможная продолжительность диагностирования определяется стратегиями и режимами ТО и Р машин.

Считая первую и вторую причины невыявления неисправностей независимыми событиями, выражение для вероятности выявления неисправностей в случае регулярного процесса можно представить в виде

$$T_v = (1 - \delta)\alpha T_d. \quad (33)$$

Качество ремонтно-обслуживающих воздействий определяется режимами, методами, средствами и уровнем специализации выполняемых работ. Уровень вероятности качественного обслуживания тракторов по результатам диагностирования определяется выражением

$$P_{\text{пр}}^{\phi} = \frac{n_{\text{пр}}}{n_{\text{в}}}. \quad (34)$$

С учетом (31) и (33) вероятность качественного выполнения профилактических работ можно определить по формуле

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{в}} P_{\text{пр}}^{\phi} = (1 - \delta) \alpha T_{\text{д}} \frac{n_{\text{пр}}^{\phi}}{n_{\text{в}}}. \quad (35)$$

По аналитически выраженной взаимосвязи качества профилактики тракторов с процессами диагностирования, технического обслуживания и ремонта можно в целом осуществлять оценку эффективности профилактических работ.

Эффективность профилактических работ определяется отношением среднего времени безотказной работы профилактируемых и непрофилактируемых тракторов:

$$W = T_{\text{опф}}/T_{\text{o}}, \quad (36)$$

где $T_{\text{опф}}$, T_{o} - среднее время безотказной работы профилактируемых и непрофилактируемых тракторов соответственно.

Рассмотрим, каким образом эффективность профилактики связана с коэффициентом характера отказов $\Lambda(t)$ и вероятностью предотвращения отказов (качеством профилактики) $P_{\text{пр}}$.

Приняв для простоты решения вероятность внезапных отказов равной нулю и выполнение условий

$$T/T_{\text{o}} \ll 1; \quad T/T_{\text{опф}} \ll 1,$$

где T - время работы трактора, определим вероятность отказа профилактируемого и непрофилактируемого трактора за время T :

$$Q_{\text{пф}}(T) = 1 - e^{-T/T_{\text{опф}}} \approx \frac{T}{T_{\text{опф}}} \quad (37)$$

$$Q(T) = 1 - e^{-T/T_{\text{o}}} \approx \frac{T}{T_{\text{o}}} \quad (38)$$

Следовательно:

$$T_{\text{опф}} = T/Q_{\text{пф}}(T); \quad T_{\text{o}} = T/Q(T); \quad (39)$$

Подставив данные в выражение (36), получим:

$$W = Q(T)/Q_{\text{пф}}(T). \quad (40)$$

Так как $Q(T) = n/N$ и $Q_{\text{пф}}(T) = n_{\text{пф}}/N$, то

$$W = n/n_{\text{пф}}, \quad (41)$$

где n , $n_{\text{пф}}$ - число отказов непрофилактируемого и профилактируемого трактора; N - общее число составных частей трактора.

Учитывая, что $n = n_{\text{пр}} + n_{\text{непр}}$ и формулы (25 - 27), преобразуем выражение (41):

$$W = \frac{n}{n_{\text{пр}}} = \frac{n}{n - n_{\text{пр}} P_{\text{пр}}} = \frac{1}{1 - A(T) P_{\text{пр}}} \quad (42)$$

или с учетом (31) запишем

$$W = \frac{1}{1 - A(T) P_{\text{в}} P_{\text{пр}}^{\text{в}}}. \quad (43)$$

В развернутом виде после некоторых преобразований выражения (43) эффективность профилактических работ можно записать в виде

$$W = \frac{1}{1 - A \left(\frac{n_{\text{в}}}{n_{\text{в}} + n_{\text{нев}}} \cdot \frac{n_{\text{пр}}^{\phi}}{n_{\text{в}}} \right)} = \frac{1}{1 - A(1 - \delta) \alpha T_{\text{д}} K_{\text{пр}}^{\phi}}. \quad (44)$$

С помощью полученных аналитических зависимостей, описывающих взаимосвязь надежности тракторов с параметрами процесса их технического обслуживания и ремонта, сравним эффективность профилактики тракторов при различных стратегиях реализации профилактических работ.

1. Стратегия обслуживания «по потребности»

При этой стратегии профилактическое обслуживание не проводится, осуществляются только ремонтные работы по восстановлению работоспособности отказавших СЧМ тракторов. То есть $T_{\text{опф}} = T_{\text{о}}$, следовательно;

$$W = T_{\text{опф}} / T_{\text{о}} = T_{\text{о}} / T_{\text{о}} = 1.$$

Максимальное значение эффективности профилактики в виде устранения отказов не превышает единицы (рис. 42).

2. Стратегия регламентированного технического обслуживания

При этой стратегии объем профилактических работ определяется статистическим методом. Суть его заключается в том, что по известному закону наработки на отказ СЧМ (трактора) определяется периодичность проведения регламентированных количества и вида операций обслуживания. В результате количество невыявленных отказов уменьшается по сравнению с первой стратегией обслуживания на $T_{\text{ср}} = 84\%$. Количество выявленных отка-

зов ограничивается регламентированным количеством обслуживаний СЧ трактора, то есть $n_B^p = n_{рег}$. Очевидно, что по сравнению с возможным количеством выявления отказов n_B регламентированное количество выявлений будет значительно меньше:

$$n_B^p = n_{пр} - 1,16n_{нев} - (n_B - n_{рег}),$$

где $(n_B - n_{рег})$ - количество отказов, которые могли бы быть выявлены, но не предусмотрены для этой операции диагностики или обслуживания.

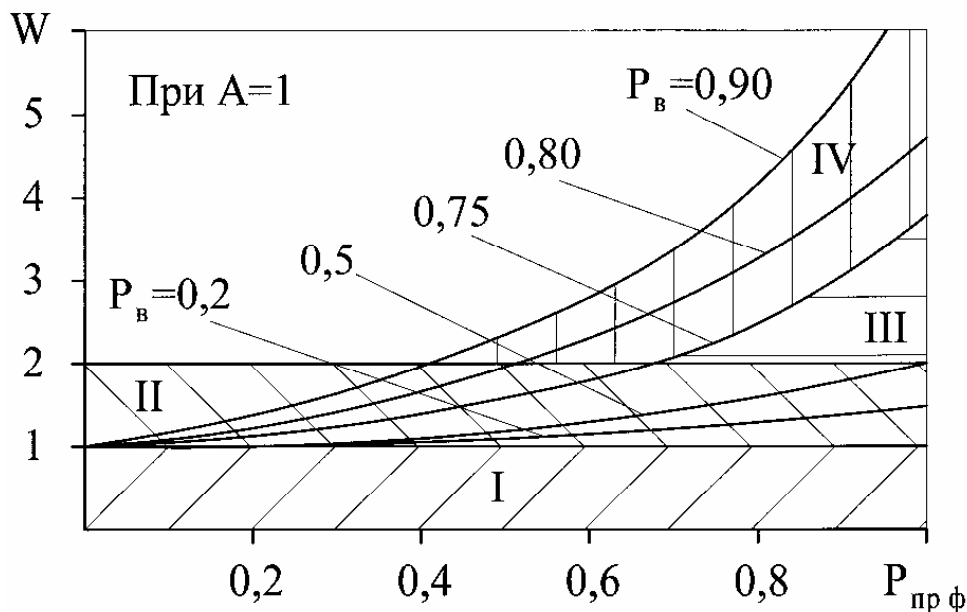


Рис.42. Зависимость эффективности W профилактических работ от вероятностей выявления P_B и предотвращения $P_{пр ф}$ отказов тракторов: I, II, III, IV - стратегии обслуживания «по потребности», регламентированного, «по состоянию» и превентивного

Таким образом, даже при $A = 1$ и $P_{пр ф}^ф = 1$ эффективность профилактических работ может быть при стратегии регламентированного обслуживания тракторов не выше двух.

3. Стратегия технического обслуживания тракторов «по состоянию»

Эта стратегия отличается от предыдущей тем, что введены операции диагностирования и прогнозирования как функциональных параметров трактора в целом, так и некоторой доли его составных частей, то есть диагностико-прогностические операции регламентированы. В результате их выполнения количество предупрежденных отказов увеличится:

$$n_B^c > (n_B - n_{рег}); \quad n_B^c = n_{пр} - 1,16n_{нев}(n_B - \Delta n_{потр}),$$

где $\Delta n_{\text{потр}}$ - количество отказов, устранение которых требовалось некоторым составным частям трактора, но не предусмотрены операции по выявлению их фактического состояния.

Тем не менее

$$n_{\text{в}} - \Delta n_{\text{потр}} > n_{\text{в}} - n_{\text{рег.}}$$

Отсюда, если $R_{\text{пр}}^{\Phi} = 1$, то максимальное значение эффективности профилактических работ при стратегии обслуживания тракторов «по состоянию» будет находиться в пределах 4,0...4,5 ($P_{\text{в}} = 0,75 \dots 0,78$).

При снижении качества непосредственно ремонтно-обслуживающих воздействий $R_{\text{пр}}^{\Phi}$ от 1,0 до 0,6 эффективность профилактики снизится до двух и будет равна эффективности профилактики тракторов при стратегии регламентного ТО, когда $R_{\text{пр}}^{\Phi} = 1$; $P_{\text{в}} = 0,45$.

Реально по тракторам типа К-700, эксплуатирующимся в нормальных условиях ($A = 0,65$, $P_{\text{в}} \approx 0,5$; $R_{\text{пр}}^{\Phi} = 1$), эффективность профилактических работ

$$W = 1/(1 - 0,65 \cdot 0,5 \cdot 1) = 1,5.$$

Поэтому с учетом реальной наработки на отказ $t_0 = 120$ мото-ч тракторов типа К-700 она может быть повышена до $T_{\text{опр}} = 120 \cdot 1,5 = 180$ мото-ч.

4. Стратегия превентивного технического обслуживания

При данной стратегии профилактические работы проводятся на стационарных постах с избыточным по сравнению с существующим регламентом объемом диагностирования, учетом при прогнозировании изменения технического состояния тракторов по дифференцированным в зависимости от предстоящих условий эксплуатации закономерностям. Стационарность обуславливает высокую технологическую способность средств диагностирования, прогнозирования и ремонтно-обслуживающих работ, квалифицированную специализированную службу ТО и Р. Кроме этого, проведение профилактических работ по предикловому методу в агроперерывы между циклами полевых работ позволяет проводить диагностирование с необходимой продолжительностью. Перечисленные особенности и возможности рассматриваемых условий проведения профилактических работ с учетом (33, 34, 44) позволяют при $R_{\text{пр}}^{\Phi} = 1$ и $P_{\text{в}} \geq 0,8$ эффективность профилактических работ увеличить до 5...6 единиц.

Если по аналогии с предыдущим примером рассмотреть показатели безотказности тракторов «Кировец», обслуживаемых по данной стратегии ($A=0,65$; $P_B=0,8...0,85$; $P_{пр}^{\Phi}=1$), то реальная величина эффективности профилактики

$$W = 1/(1-0,7 \cdot 0,8 \cdot 1) = 1,8;$$

наработка на отказ

$$T_{опр} = 120 \cdot 1,8 = 216 \text{ мото-ч.}$$

Это значение безотказности трактора выше величины безотказности его при обслуживании «по состоянию» более чем на 30%.

Предцикловой метод технического обслуживания тракторов типа К-700 на сельскохозяйственных предприятиях Челябинской области в 1985-1987 гг., базирующийся на стратегии превентивного проведения дифференцированных по объему и содержанию РОВ, позволил в рабочие циклы повысить качество технического обслуживания на 30...40%, наработку тракторов на отказ в 1,8...2,0 раза. При этом трудоемкость предцикловых РОВ увеличилась в два-четыре раза по сравнению с нормативными регламентными ТО.

Таким образом, исследование эффективности стратегий реализации процесса технического обслуживания тракторов позволяет сделать вывод о технико-технологической эффективности стратегии превентивного проведения ремонтно-обслуживающих воздействий перед предстоящими циклами полевых работ.

Глава 5

ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН

5.1 Основы системы обслуживания

Плановость системы технического обслуживания и ремонта машин состоит в том, что машину, как правило, ставят на ТО и ремонт в плановом регламентном порядке. Предупредительность заключается в том, что основное количество операций при плановой постановке машин на ТО выполняют предупредительно (превентивно), до появления отказа. Параметры технического со-

стояния (ПТС) машины при ТО или ремонте предупредительно восстанавливают, при выходе их за допустимое значение, до величины номинальной или близкой к ней.

Таким образом, плановость системы ТО и ремонта машин определяется нормативами на проведение РОВ, а предупредительность операций – допускаемыми величинами ПТС, остаточным ресурсом агрегатов, а также качественными признаками появляющихся отказов.

Элементами системы технического обслуживания и ремонта машин являются: приемка их в эксплуатацию, которая осуществляется как для вновь приобретаемых машин, так и после проведения их капитального ремонта; эксплуатационная обкатка машин при различных нагрузках и скоростных режимах использования; совокупность (подсистема) периодических технических обслуживаний и соответствующих видов диагностирования; обеспечение соответствующими по номенклатуре и качеству топлива смазочными материалами (ТСМ); хранение машин в нерабочий период времени, обеспечение их сохранности при транспортировке; текущий и капитальный ремонты; процессы списания и утилизации, модернизации.

Под системой технического обслуживания и ремонта машин понимают совокупность материальных средств (материальную базу), правил, обеспечивающих работоспособное состояние машин с минимальными затратами, а также исполнителей (механизаторы, мастера-наладчики, слесари).

Целью системы ТО и ремонта является управление техническим состоянием машин в течение срока службы, позволяющее обеспечивать: заданный уровень готовности к использованию по назначению и работоспособности в процессе эксплуатации; минимальные затраты времени, труда и средств на выполнение ТО и ремонта.

Существующие варианты систем технического обслуживания и ремонта машин предусматривают проведение технического обслуживания и ремонтов профилактически или после отказа.

Стратегия проведения ремонтных воздействий в аварийно-восстановительном порядке после отказа машины имеет ряд недостатков: не позволяет предупредить отказ машины и тем са-

мым исключить возможность аварии; не позволяет планировать работу ремонтных служб; вызывает большое количество сопутствующих отказов, трудоемкость и стоимость устранения которых значительно удорожает ремонт машины; не позволяет обеспечить требуемый уровень надежности машин.

Профилактические системы предусматривают проведение управляемых воздействий в плановом порядке (по достижении машиной определенной наработки) или по фактическому техническому состоянию. Периодичность проведения управляемых воздействий устанавливают таким образом, чтобы предупредить возможность возникновения отказов машины в процессе работы. При проведении профилактических управляемых воздействий в плановом порядке по наработке не учитывается фактическое состояние машины в целом и отдельных сборочных единиц. Из-за разницы значений ресурса и наработок на отказ элементов машины профилактическое проведение технического обслуживания и ремонтов по плановой наработке неминуемо ведет к осуществлению ненужных управляющих воздействий, не оправданных техническим состоянием машины. Плановая замена агрегатов и ремонтных комплектов ведет к тому, что ресурс, заложенный в их конструкции, реализуется иногда лишь на 40-60%. Ненужные ремонтные воздействия и большой остаточный ресурс заменяемых элементов в значительной степени снижают эффективность технической эксплуатации машин. Вместе с тем, стратегия профилактического обслуживания и ремонта по плановой наработке не исключает возможность возникновения отказов (а из-за этого и аварий) машины в процессе работы. Вследствие тяжелых условий эксплуатации, форсированных режимов работы или конструктивно-технологических особенностей машины (недостаточная прочность материалов деталей, отклонение показателей качества эксплуатационных материалов от нормативных значений и др.) изменение ее технического состояния может идти более интенсивно, чем в среднем по парку. В этом случае отказ неминуемо произойдет до проведения плановых ремонтных воздействий.

Система профилактического технического обслуживания и ремонтов машин по фактическому состоянию лишена (в основном) перечисленных недостатков. Периодический контроль тех-

нического состояния машины по основным диагностическим параметрам позволяет организовать своевременное проведение ремонтных воздействий и благодаря этому не только предотвратить отказы отдельных составных частей, но и повысить уровень надежности машины в целом. Проведение профилактических ремонтных воздействий в строгом соответствии с действительной потребностью машины позволяет исключить ненужные ремонтные операции и за счет этого снизить затраты на ремонт.

Таким образом, система профилактического технического обслуживания и ремонтов машин по фактическому состоянию является более эффективной и прогрессивной по сравнению с системой ремонтов по плановой наработке.

Основными понятиями системы являются: межремонтный цикл; режимы ТО и ремонта (периодичность, трудоемкость, продолжительность и др.); структура цикла (количество, последовательность выполнения видов ТО и ремонта).

Системой ТО и ремонта обычно предусматриваются две составные части операций: контрольная и исполнительская. Планово-предупредительный характер системы ТО и ремонта определяется плановым предупредительным (через установленные наработки или промежутки времени) выполнением контрольной части операций, с последующим выполнением по регламенту или потребности исполнительской части. В состав операций ТО входят уборочно-моечные, очистительные, крепежные, контрольно-регулирующие, смазочно-заправочные работы.

5.2. Приемка машин в эксплуатацию

Все машины, поступающие на предприятия любой формы собственности (с предприятий-изготовителей, ремонтных предприятий и других организаций), должны быть приняты комиссией с обязательным составлением приемо-сдаточного акта. Если машина после приемки немедленно поступает в эксплуатацию, то в комиссию необходимо включить машиниста (оператора, водителя), который будет на ней работать.

Предприятия, получающие импортные машины, обязаны составлять и направлять внешнеторговым объединениям (сервис-

ным центрам): акт осмотра с сообщением срока ввода машины в эксплуатацию (в течение 15 дней после получения); акт испытания и окончательной приемки машины в эксплуатацию (в течение 10 дней после окончания приемки); информацию о качестве машины (три раза в течение гарантийного срока).

При приемке машины проверяют наличие пломб, комплектность в соответствии с паспортом машины.

Требования по проверке комплектности изложены в Руководстве по эксплуатации.

В соответствии с ним производят наружный осмотр и проверяют наличие и комплектность эксплуатационной документации, поставка которой предприятием-изготовителем производится по согласованию с заказчиком; она может включать в себя: руководство по эксплуатации - РЭ; инструкцию по монтажу, пуску, регулированию и обкатке - ИМ; формуляр - ФО или паспорт - ПС; ведомость ЗИП - ЗИ; каталог деталей и сборочных единиц - КДС; нормы расхода запасных частей - НЗЧ; нормы расхода материалов - НМ; учебно-технические плакаты - УП; ведомость эксплуатационных документов - ВЭ.

Далее проверяются соответствие машины в целом и отдельных сборочных единиц руководству по эксплуатации, а также техническое состояние и работоспособность машины.

Машины, прошедшие капитальный ремонт на ремонтных предприятиях, принимают в соответствии со следующими требованиями:

- выдача машины из ремонта должна быть оформлена актом, в котором отражают соответствие технического состояния и комплектности изделия требованиям нормативно-технической документации на ремонт, и соответствующей записью в формуляре (паспорте) машины;

- технические характеристики и нормы, определяющие эксплуатационные свойства машины и качество ее ремонта, должны соответствовать требованиям ремонтной документации;

- ремонтное предприятие должно выпускать машины из ремонта в исправном состоянии и гарантировать их работоспособность в течение определенных сроков и (или) наработку с момента ввода в эксплуатацию при соблюдении правил эксплуатации,

установленных действующими стандартами или другой нормативно-технической документацией, утвержденной в установленном порядке;

- послеремонтный гарантийный срок и (или) послеремонтная гарантийная наработка машины должны быть установлены в нормативно-технической документации на ремонт машины;
- гарантийные обязательства ремонтного предприятия должны быть отражены в паспорте (формуляре) отремонтированной машины.

При приемке машины от других предприятий и подразделений необходимо обратить особое внимание на комплектность машины, отсутствие поломок, исправность отдельных сборочных единиц, правильность регулировки, нормальную работу машины в целом. При сдаче-приемке машины сменной бригаде, обслуживающей машину, кроме вышеуказанного, дополнительно проверяют наличие топлива в баках и жидкости в системе охлаждения, а также выполнение сдающей бригадой ежесменного технического обслуживания. Передавать из одного предприятия и подразделения в другие разрешается только исправные и комплектные машины.

В случае обнаружения при приемке машины некомплектности, механической неисправности, несоответствия показателей данным технической характеристики, указанным в паспорте (формуляре) или руководстве по эксплуатации, а также преждевременного износа и выхода из строя машины, ее сборочных единиц и деталей составляют рекламационный акт и предъявляют его предприятию-изготовителю или ремонтному предприятию (при получении машины из ремонта) в порядке, установленном Положением о поставках продукции производственно-технического назначения.

Рекламационный акт на новую или отремонтированную машину должен быть датирован временем обнаружения недостатка приемочной комиссией и содержать следующие сведения:

- наименование, почтовый и железнодорожный адреса, телефон, факс и другие средства связи с потребителем; наименование, почтовый адрес и другие реквизиты предприятия-изготовителя или ремонтного предприятия; наименование и мар-

ка машины или сборочной единицы, заводской номер машины и двигателя; дата отгрузки и получения машины потребителем, дата начала работы машины у потребителя;

- характер недостатка, причины недостатка и необходимые технические воздействия по мнению комиссии; возможность устранения недостатка собственными силами потребителя за счет производителя или ремонтного предприятия.

Акт подписывается руководителем предприятия-потребителя и членами приемочной комиссии.

Обнаруженные при приемке машины неисправности устраняет предприятие-изготовитель (в новых машинах) или ремонтное предприятие (в отремонтированных машинах). Допускается устранение неисправностей силами и средствами эксплуатационного предприятия, получившего машину, но при этом необходимо письменное подтверждение согласия поставщика об отнесении всех расходов на его счет.

Расконсервация машин, поступивших на предприятие, производится в соответствии с требованиями предприятия-изготовителя, изложенными в руководстве по эксплуатации.

Если консервация проводилась путем нанесения ингибиторов на поверхность машины, то при расконсервации удаляется ингибированная бумага, проводится продувка полостей подогретым сжатым воздухом и промывание мыльно-содовым раствором. При консервации методом нанесения масел и смазок на поверхность машины расконсервация заключается в промывании горячей водой, моющими растворами или органическими растворителями с последующей протиркой. Нанесенные на поверхность машины ингибированные полимерные покрытия удаляются механическим путем. Нанесенные на поверхность резинотехнических элементов машины светозащитные составы удаляются промыванием моющими растворами.

5.3. Эксплуатационная обкатка машин

Поступившие в эксплуатацию машины (новые или после ремонта) должны пройти эксплуатационную обкатку в целях приработки трущихся поверхностей деталей, создания условий минимальной скорости изнашивания. Последняя определяется

наличием в процессе работы стабильной прочной масляной пленки на поверхности трения при жидкостном или гидродинамическом режиме смазывания. Этот режим характеризуется коэффициентом трения (отношением силы трения к нагрузке, направленной по нормали к поверхности касания) $0,002...0,010$. При полужидкостном режиме смазывания коэффициент трения увеличивается до $0,01...0,20$, при граничном - до $0,05...0,40$.

Неприработанные детали обычно отличаются непараллельностью поверхностей трения, значительной волнистостью, шероховатостью, микронеровностями, недостаточной площадью контакта. В связи с этим в процессе работы появляются большие удельные нагрузки, вызывающие повышенные механические потери, увеличение коэффициента трения, температуры деталей, уменьшение вязкости смазочного материала и толщины масляной пленки. Это может привести к полужидкостному, граничному режиму смазывания и даже к работе деталей с несмазанными поверхностями. В результате наблюдаются задиры и значительный приработочный износ до конца приработки поверхностей трения. Особенно большой приработочный износ происходит после перекомплектовки деталей при обезличенном ремонте узлов и агрегатов.

В процессе правильной эксплуатационной обкатки в течение $30...60$ ч (заводскую обкатку машины проводят после сборки на заводе-изготовителе или на ремонтном предприятии) поверхности трения становятся более параллельными, постепенно уменьшаются их волнистость, шероховатость, высота микронеровностей, увеличивается площадь контакта. В результате резко уменьшаются удельные нагрузки, механические потери, коэффициент трения, стабилизируется нормальная температура, вязкость, толщина масляной пленки. Таким образом, после эксплуатационной обкатки детали начинают работать в благоприятных стабилизированных условиях. Правильная обкатка обеспечивает стабилизированные условия работы деталей при малом приработочном их износе. В том случае, если стабилизированные условия работы появились после большого приработочного износа, ресурс деталей и сопряжений значительно сокращается. Особенно это заметно на перекомплектованных при обезличенном ремонте

соединениях, ресурс которых в результате послеремонтной приработки обычно сокращается на 20 % и более.

Прирабочный износ характеризуется показателем приработки ДП. Обычно эта величина колеблется в пределах $0 \dots 0,07 i_{\text{п}}$, где $i_{\text{п}}$ - предельный износ. Прирабочный износ деталей после обезличенного ремонта увеличивается, как правило, в полтора-два раза.

В целях достижения стабилизированных условий работы деталей при небольшом прирабочном их износе в процессе эксплуатационной обкатки придерживаются основного принципа: обеспечение постепенного возрастания тяговых, скоростных, температурных и других нагрузок. Например, при эксплуатационной обкатке трактора сначала работают на нем без нагрузки в течение 8-12 мото-ч, затем с 25% нагрузкой в течение 8-10 мото-ч, с 50% нагрузкой в течение последующих 9...12 ч, наконец, с 75% нагрузкой в течение 15... 20 ч. При каждой нагрузке трактор работает на различных передачах.

Во время обкатки особенно внимательно следят за работой дизеля, состоянием температурного режима работы систем, за показаниями контрольных приборов. Периодически прослушивают и осматривают дизель, трансмиссию, ходовую систему и др. Нагрузку создают путем агрегатирования трактора боронами, культиваторами, сеялками и другими машинами, не требующими больших тяговых усилий. После обкатки трактора проводят соответствующее ТО.

В зависимости от сложности конструкций дорожных машин их период обкатки может составлять от 10 до 90 мото-часов. Так, для простых машин с приводом от электродвигателя, типа ленточных транспортеров, совковых и шнековых элеваторов период обкатки составляет 10...20 мото-часов. В соответствии с Руководством по эксплуатации экскаваторов их обкатка длится 30 мото-часов, автогрейдеров – 60 мото-часов. Нагрузка увеличивается плавно и постепенно, она не должна превышать 75% номинальной мощности двигателя в конце процесса обкатки.

Большинство автомобилей имеет режим обкатки, измеряемый в километрах пробега, который составляет в среднем 3000 км. Аналогично режиму обкатки тракторов и дорожных машин

при обкатке автомобилей производят обкатку двигателя на холостом ходу, далее обкатывают автомобиль при движении на разных передачах без нагрузки. Далее постепенно увеличивают нагрузку при движении на различных скоростях и наличии груза в кузове. В зависимости от модификации подвижного состава заводы-изготовители автомобилей в эксплуатационной документации могут устанавливать режим обкатки дифференцированно – по нагрузочному, скоростному режиму или по пробегу.

5.4. Виды и периодичность технического обслуживания тракторов и машин

Виды, периодичность, основные требования к проведению технического обслуживания тракторов, самоходных шасси и сельскохозяйственных машин на предприятиях и в организациях агропромышленного комплекса установлены ГОСТ 20793–86.

Различают техническое обслуживание при эксплуатационной обкатке, использовании, хранении и при особых условиях работы тракторов и машин.

При эксплуатационной обкатке тракторов и машин техническое обслуживание проводят поэтапно: при подготовке к обкатке, в процессе обкатки и по окончании обкатки.

При использовании тракторов и машин предусматриваются следующие виды технического обслуживания: ежесменное, номерные (ТО-1, ТО-2, ТО-3), сезонное.

Техническое обслуживание тракторов и машин при хранении (при подготовке, в процессе хранения и при снятии) проводится в соответствии с ГОСТ 7751–85.

Техническое обслуживание в особых условиях учитывает особенности эксплуатации тракторов на песчаных, каменистых и болотистых почвах, в пустынях, высокогорных условиях и при низких температурах.

Виды технического обслуживания тракторов, комбайнов и другой сельскохозяйственной техники приведены в табл. 14.

Для самоходных, стационарных и прицепных машин в зависимости от конструктивного исполнения число видов ТО может быть уменьшено до ЕТО и ТО-1.

Таблица 14

Виды технического обслуживания сельскохозяйственной техники

Вид технического обслуживания	Тракторы и самоходные шасси, передвижные насосные станции	Комбайны, сложные самоходные и прицепные машины, стационарные машины по обработке с.-х. культур	Посевные, посадочные и почвообрабатывающие машины; жатки, косилки-подборщики; прицепы, транспортёры; машины по защите растений и внесению удобрений, дождевательные машины, протистые стационарные машины по обработке с.-х. культур
1	2	3	4
Техническое обслуживание при эксплуатационной обкатке (подготовка, проведение и окончание)*	+	+	+
Ежемесячное техническое обслуживание (ЕТО)	+	+	+
Первое техническое обслуживание (ТО-1)	+	+	+
Второе техническое обслуживание (ТО-2)**	+	+	—
Третье техническое обслуживание (ТО-3)	+	—	—
Сезонное техническое обслуживание при переходе к весенне-летнему периоду (ТО-ВЛ)***	+	—	—

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4
Сезонное техническое обслуживание при переходе к осенне-зимнему периоду эксплуатации (ТО-ОЗ)	+	—	—
Техническое обслуживание перед началом сезона работы (ТО-Э) для машин сезонного использования	—	+	+
Техническое обслуживание в особых условиях эксплуатации (песчаные, каменистые, болотистые почвы, пустыни, низкие температуры)	+	—	—
Техническое обслуживание при хранении	+	+	+

* Допускается исключить данный вид ТО;

** ТО-2 комбайнов, самоходных, прицепных и стационарных машин необходимо выполнять, если их ожидаемая наработка за сезон больше 300 мото-ч. При наработке меньше 300 мото-ч ТО-2 следует совмещать с подготовкой машин к длительному хранению.

*** Проводить в зависимости от условий эксплуатации

Периодичность технического обслуживания для тракторов и комбайнов установлена в мото-часах наработки (рис. 43,44). Периодичность ТО несамоходных машин установлена в часах основной работы под нагрузкой. Периодичность ТО может указываться в других единицах, эквивалентных наработке (литры израсходованного дизельного топлива - для тракторов, комбайнов и сложных самоходных машин; физические или условные эталонные гектары; килограммы или тонны выработанной продукции).

В табл. 15, 16 приведена периодичность технического обслуживания сельскохозяйственной техники. Допускается отклонение фактической периодичности (опережение или запаздывание) ТО-1 и ТО-2 до $\pm 10\%$; ТО-3 – до $\pm 5\%$ установленной. Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО) проводится через каждые 10 ч или каждую смену работы трактора или машины.

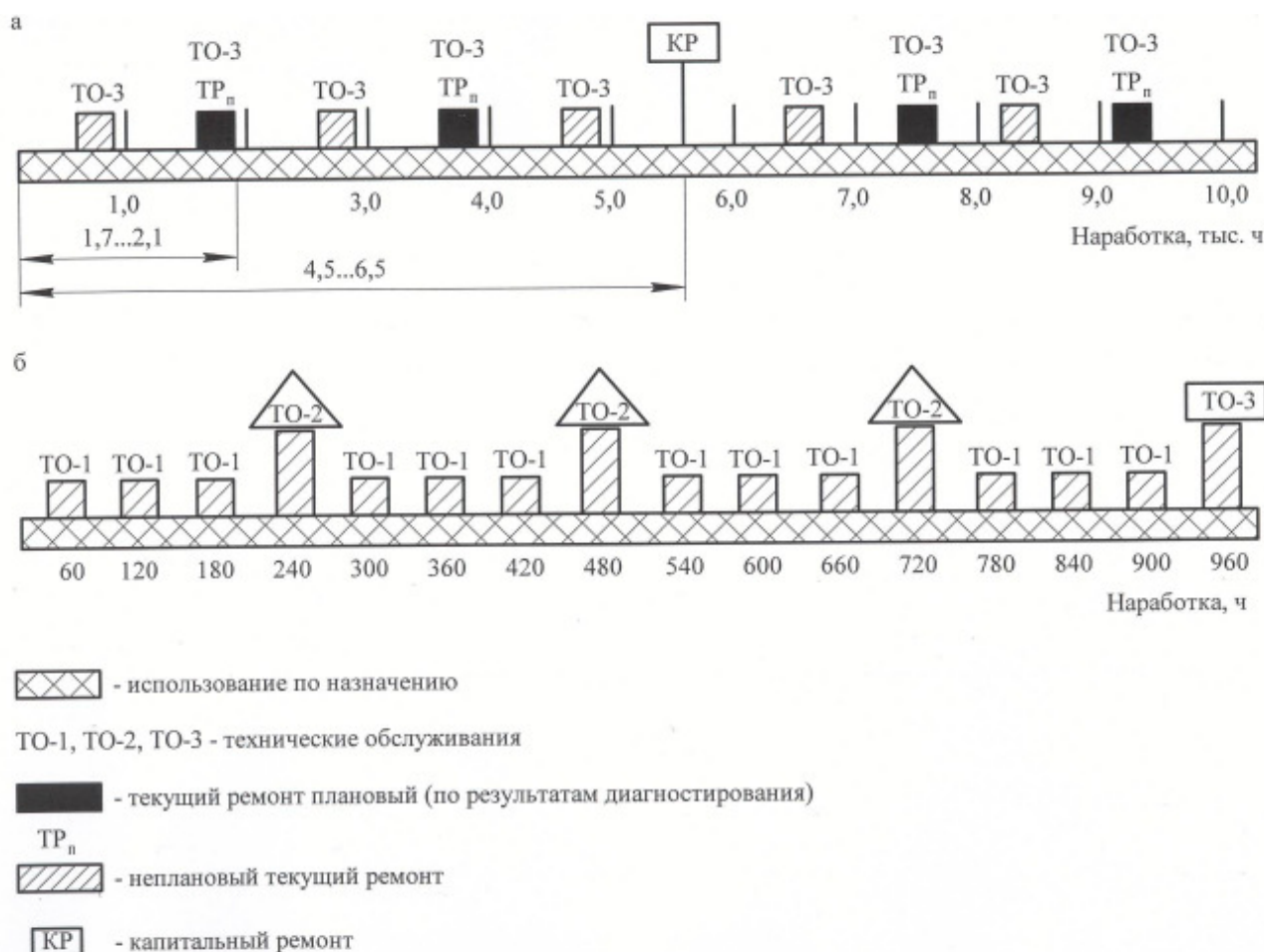


Рис. 43. Периодичность технического обслуживания и ремонта трактора: А – весь период эксплуатации; Б – год эксплуатации

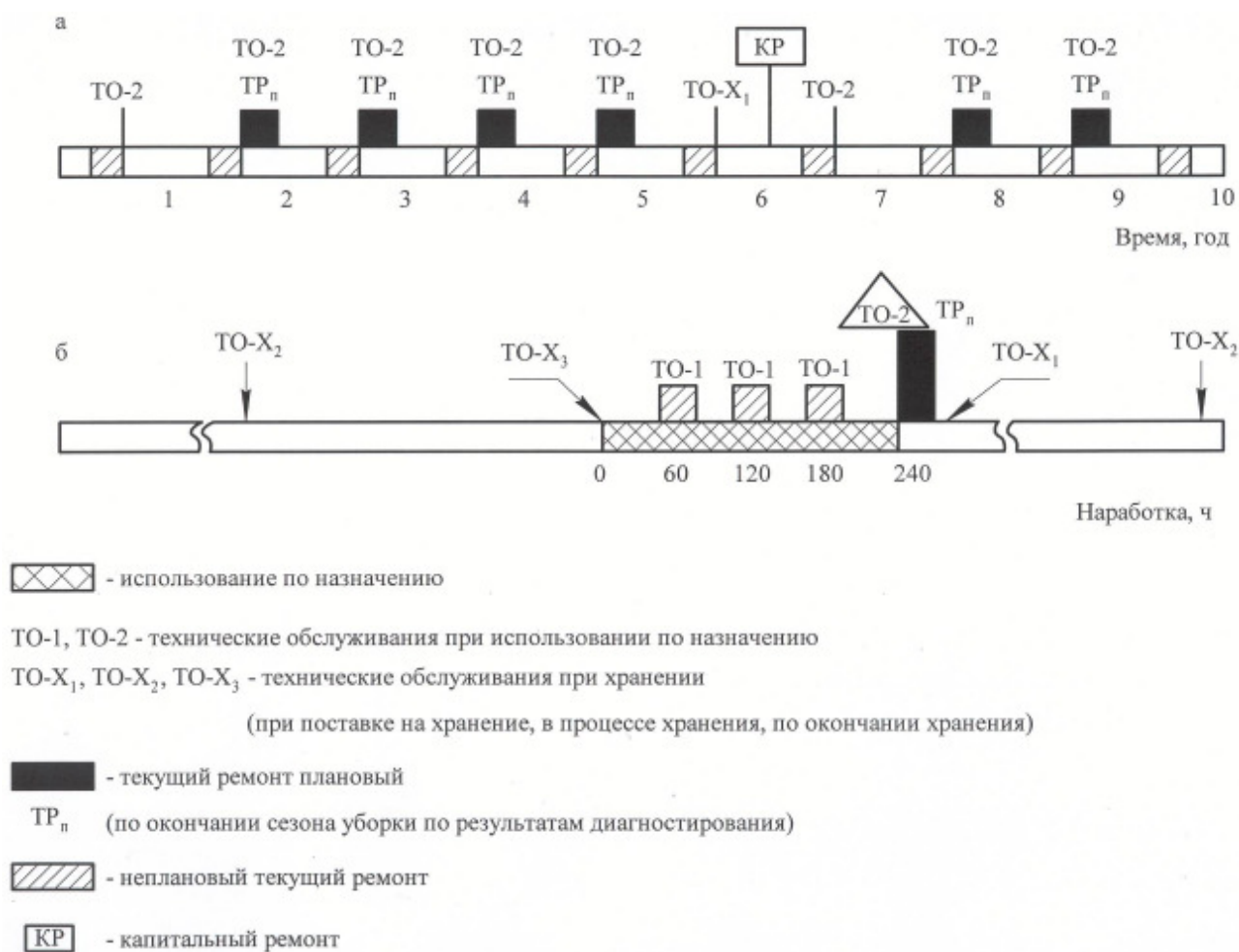


Рис.44. Периодичность технического обслуживания и ремонта зерноуборочного комбайна: А - весь период эксплуатации; Б – год эксплуатации

Таблица 15

Периодичность технических обслуживаний тракторов и машин

Наименование машин	Единица измерения	Периодичность обслуживания		
		ТО-1	ТО-2	ТО-3
Тракторы	Мото-часы	125 (60)	500 (240)	1000 (960)
Комбайны и сложные самоходные машины	Мото-часы	60	240	-
Несамоходные машины	Часы работы под нагрузкой	60	240	-

Периодичность технического обслуживания тракторов
в литрах израсходованного топлива

Марка трактора	При периодичности обслуживания 60...240...960 мото-ч			При периодичности обслуживания 125...500...1000 мото-ч		
	ТО-1	ТО-2	ТО-3	ТО-1	ТО-2	ТО-3
К-701М	-	-	-	4400	17600	35200
К-701	2700	10800	43200	-	-	-
К-700А	2000	8000	32000	-	-	-
Т-150К, Т-150	1200	4800	19200	2500	10000	20000
Т-4А	1000	4000	16000	2100	8400	16800
ДТ-75М	700	2800	11200	-	-	-
ДТ-75МВ	700	2800	11200	1450	5800	11600
ДТ-75МЛ	-	-	-	1465	5860	11720
ДТ-75Н	-	-	-	2200	8800	17600
Т-70С	600	2400	9600	-	-	-
МТЗ-80, МТЗ-82	600	2400	9600	1050	4200	8400
Т-54В	540	2160	8640	-	-	-
Т-40М, Т-40АМ	540	2160	8640	937	3750	7500
ЮМЗ-6АЛ	400	1600	6400	820	3300	6600
Т-25А1, Т-25А3, Т-16М	240	960	3840	500	2000	4000

Сезонное техническое обслуживание тракторов при переходе к весенне-летней эксплуатации (ТО-ВЛ) проводится при установившейся температуре окружающего воздуха выше 5 °С, при переходе к осенне-зимней эксплуатации (ТО-З) – при температуре ниже 5°С. Сезонное обслуживание совмещается с проведением очередного номерного ТО.

Периодичность номерных ТО тракторов зависит от года их выпуска. Для тракторов, решение о постановке на производство которых принято после 1 января 1982 года, периодичность ТО-1 составляет 125 мото-ч наработки, ТО-2 составляет 500 мото-ч и периодичность ТО-3 составляет 1000 мото-ч наработки. Указанная периодичность по согласованию с заказчиком устанавливается также для тракторов и машин, находящихся в производстве, после повышения их надежности (тракторы ЮМЗ-6АЛ, Т-25А, Т-40М, Т-150К, ДТ-75МВ и др.).

Цикл технического обслуживания при новой периодичности (125...500...1000 мото-ч) без учета ежедневного и сезонного ТО будет следующим:

ТО-1 – ТО-1 – ТО-1 – ТО-2 – ТО-1 – ТО-1 – ТО-1 – ТО-3.

Внедрение новой периодичности ТО вдвое сокращает число постановок тракторов на проведение обслуживания и на 20...30% снижает общую трудоемкость и расход материалов. В связи с сокращением числа ТО особенно важно соблюдать технические требования на обслуживание машин.

Трудоемкость технического обслуживания тракторов и машин зависит от их производительности и конструктивных особенностей. Например, значения трудоемкости (чел.-ч) технического обслуживания трактора Т-150К, комбайна Е-281 и культиватора КРН-4,2:

	ЕТО	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СО
Т-150К	0,2	2,3	8,1	42,3	5,3
Е-281	0,3	3,6	7,2	-	-
КРН-4,2	0,25	-	-	-	-

Виды и периодичность технического обслуживания автомобилей. Автомобили, используемые в сельском хозяйстве, подвергаются техническому обслуживанию согласно Положению о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. Виды и периодичность технического обслуживания приведены в табл. 17.

Таблица 17

Виды и периодичность технического обслуживания автомобилей

Вид технического обслуживания	Периодичность технического обслуживания, км пробега
Ежедневное (ЕТО)	Раз в смену (по окончании работы или перед выездом на линию)
Первое (ТО-1): Легковые автомобили Грузовые автомобили	3200 2500
Второе (ТО-2): Легковые автомобили Грузовые автомобили	12800 10000
Сезонное (СО)	Два раза в год (перед началом весенне-летнего и осенне-зимнего периодов эксплуатации)

Техническое обслуживание проводят в хозяйстве или на станции технического обслуживания автомобилей (СТО-А). Трудоемкость обслуживания зависит от его вида, места проведения, марки автомобиля. Так, для автомобиля ЗИЛ-130 в хозяйстве ЕТО = 0,59; ТО-1 = 3,5, ТО-2 = 14,0 чел.-ч. На СТО-А трудоемкость меньше: ТО-1 = 2,7 чел.-ч.

Для дорожных машин периодичность проведения ТО обычно кратна 50 мото-часам, а наработка до капитального ремонта кратна 1000 мото-часам. Для большинства машин (экскаваторы, катки, бульдозеры, краны, погрузчики и др.) периодичности ТО-1, ТО-2, ТО-3 с ТР и КР составляют соответственно 50, 250, 1000 и 6000 мото-часов, а для некоторых машин (тяжелых бульдозеров) – 100, 500, 1000 и 6000 мото-часов. Для простых машин плановые воздействия – ТО и ремонт – выполняют с периодичностью соответственно 100 и 1000 или 150 и 1500 мото-часов. В зависимости от конкретных условий эксплуатации допускается отклонение периодичности в рамках $\pm 10\%$.

5.5. Комплексные показатели оценки надежности машин

Практическая реализация регламентирующих положений системы ТО и ремонта машин позволяет поддерживать их в работоспособном состоянии, а в случае возникновения отказов путем устранения их последствий – восстанавливать работоспособность. Для численной оценки надежности машин при эксплуатации применяют комплексные показатели. Они обычно характеризуют уровень безотказности (показатель для потребителя) и ремонтпригодности (определяющий показатель для служб по ТО и Р) машин в условиях эксплуатации. К таким показателям относят коэффициенты готовности и технического использования.

Коэффициент готовности определяет вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается. Величину коэффициента определяют по формуле

$$K_g = \frac{t_0}{t_0 + t_g}, \quad (42)$$

где t_0 - средняя наработка на отказ (предположительность безотказной работы); t_v - среднее время восстановления работоспособности (устранения последствий отказа).

Из этой формулы видно, что коэффициент готовности характеризует два различных свойства машины – безотказность и ремонтпригодность. Продолжительность безотказной работы определяется уровнем конструирования и качеством изготовления машин на заводе, но в значительной мере зависит от условий эксплуатации, своевременности и качества проведения ремонтно-обслуживающих воздействий.

В то же время – акцентируем на этом внимание – величина коэффициента готовности значимо зависит от продолжительности устранения последствий отказа у машин – времени восстановления ее работоспособности. Как показывает практика использования техники, особенно в сельском хозяйстве (при значительной рассредоточенности машин на территории предприятий) продолжительность устранения последствий отказа зависит не столько от уровня ремонтпригодности машин, сколько от организации функционирования инженерных служб, наличия передвижных мастерских, обменного фонда узлов и агрегатов. При их отсутствии продолжительность устранения последствий отказов может составлять десятки часов и даже несколько суток. Основное время простоя машин при этом определяется поиском запасных частей, их доставкой к машине, разборочно-сборочными работами в полевых условиях. Поэтому для сокращения продолжительности простоя машин при отказах основой должен стать агрегатный метод восстановления их работоспособности. В этом случае из обменного фонда доставляется агрегат, узел устанавливается взамен неисправного, и машина продолжает работать. А неисправный агрегат отправляется в ремонт.

Коэффициент технического использования определяется как отношение математического ожидания суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии $t_{\text{раб}}$ за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных проведением ТО ($t_{\text{ТО}}$) и ремонта $t_{\text{рем}}$ за тот же период:

$$K_{TH} = \frac{t_{раб}}{t_{раб} + t_{ТО} + t_{рем}} \quad (43)$$

Здесь также важно отметить, что для повышения коэффициента технического использования путем сокращения продолжительности простоев машин на ТО в рабочий цикл (в сельском хозяйстве напряженный период полевых работ) нужно реализовывать стратегию превентивного проведения ТО перед рабочим циклом, организовывать обслуживание в агроперерывы, перед началом или после окончания рабочих смен. Обслуживание машин должны осуществлять специализированные службы, имеющие соответствующие средства механизации.

5.6. Диагностирование технического состояния машин

5.6.1. Предпосылки развития диагностирования

В повышении эффективности использования машин большое значение имеют повышение качества технического обслуживания и ремонта, увеличение межремонтных сроков, экономное расходование запасных частей. Разумеется, все это возможно осуществить только на основе передовой технологии в организации производства, широкого внедрения новых, прогрессивных методов, достижений науки и практики.

Исследования, проведенные в различных зонах страны, показывают, что двигатели тракторов вследствие неисправностей механизмов развивают мощность в среднем на 15-17% ниже номинальной, перерасход топлива составляет 20-27%.

При работе тракторов с заниженной мощностью (на 15-17%) на энергоемких работах производительность снижается на 15-25%. Это значит, что из каждых 100 работающих тракторов 15-25 «стоят». Научные исследования и практика эксплуатации тракторов показывают, что своевременное обнаружение снижения мощности двигателей с помощью средств диагностики и проведение регулировок механизмов позволяют повысить мощность двигателей на 10-12%.

Относительное уменьшение численности механизаторов по сравнению с количественным ростом МТП в сельском хозяйстве,

конструктивное усложнение машин обусловили увеличение суммарной трудоемкости технического обслуживания, следовательно, и рост удельной трудоемкости. В результате механизаторы затрачивают на техническое обслуживание до 20-25% рабочего времени смены, или же, что чаще всего они делают, вынуждены сокращать количество операций по обслуживанию машин, выполнять обслуживание несвоевременно и с низким качеством.

В настоящее время заметна тенденция роста числа преждевременных ремонтов машин, хотя они часто его не требуют.

Исследования показывают, что около 60-70% тракторных двигателей отправляют в капитальный ремонт преждевременно, так как ресурс их использован всего на 30-40%. Одна из причин этого – отсутствие, а порой слабое применение средств технической диагностики на сельскохозяйственных предприятиях.

Необходимость в широком внедрении диагностических средств диктуется и следующим. Повышения качества технического обслуживания и снижения его трудоемкости можно добиться в перспективе лишь при переходе на обслуживание машин по "состоянию", т.е. на основе диагностических обследований механизмов.

Кроме этого, применение диагностических средств позволит прогнозировать работоспособность машин, что значительно сократит простои из-за технических неисправностей в период выполнения полевых работ.

5.6.2. Некоторые исходные понятия технической диагностики

Диагностика – это греческое слово, которое переводится как способность распознавать.

По ГОСТ 20911, техническая диагностика - это отрасль знаний, исследующая технические состояния объектов диагностирования и проявления технических состояний, разрабатывающая методы их определения, а также принципы построения и организации использования систем диагностирования.

Техническое диагностирование - процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной точностью.

Техническое состояние машины характеризуется совокупностью значений изменяющихся физических величин (параметров), определяющих работоспособность машины.

Параметры, непосредственно характеризующие работоспособность механизмов машины, получили название *структурных* параметров. К ним относятся зазоры и натяги в сопряжениях, размеры деталей, износы и т.п. Они, как правило, недоступны непосредственному измерению без разборки агрегатов и узлов. Однако об их значениях с определенной степенью точности можно судить, оценивая качественные признаки технического состояния (шум, цвет выхлопных газов, подтекание масла и т.д.) и измеряя так называемые диагностические параметры, которые косвенно характеризуют работоспособность машин,

В качестве диагностических выступают параметры: выходные, или функциональные; герметичности сопряжений и рабочих объемов; рабочих процессов; сопутствующих процессов.

К выходным, или функциональным, параметрам механизмов, узлов, агрегатов и машин в целом относят мощность двигателя, производительность машины, вымолот зерна, расход топлива или электроэнергии, производительность гидравлических насосов, частоту вращения деталей и т.д., то есть параметры, характеризующие назначение составных частей и машины в целом.

К параметрам герметичности сопряжений и рабочих объемов относят количество газов, прорывающихся в картер, угар масла, расход масла при определенном давлении, максимальное давление, скорость падения давления и т.д.

К параметрам рабочих процессов относят различные амплитудные, фазовые и другие показатели этих процессов – максимальное давление процесса сгорания, цикловую подачу топлива, угол опережения подачи топлива, фазы газораспределения, степень сжатия горючей смеси в двигателе, температуру воды и масла и т.п.

К параметрам сопутствующих процессов относят многочисленные виброакустические параметры деталей, концентрацию продуктов износа в масле и выхлопных газах, температуру подшипников и т.д. В ряде случаев в качестве диагностических, непосредственно измеряемых параметров выступают зазоры со-

пряжений и размеры деталей, что обычно связано с разборкой механизмов и узлов или частичной разборкой (например, снятие форсунки при определении суммарного зазора в КШМ).

Диагностический параметр может характеризовать техническое состояние как отдельных сопряжений или механизмов машины, так и некоторой их совокупности. В зависимости от этого его называют частным или обобщенным.

Параметры состояния (как структурные, так и диагностические), позволяющие при определении работоспособности составных частей машины получить информацию об их остаточном ресурсе, принято называть ресурсными параметрами.

Практическая цель технического диагностирования – определение с минимальными затратами труда и времени технического состояния и причин неисправностей машин без разборки и выдача рекомендаций по ее техническому обслуживанию и ремонту. Для достижения этой цели необходимо решить ряд задач, основными из которых являются:

- проверка работоспособности;
- проверка правильности функционирования;
- поиск отказов и повреждений;
- получение информации для прогнозирования остаточного ресурса;
- постановка диагноза и подготовка (принятие) решения по управлению техническим состоянием машин.

5.6.3. Основные аспекты и задачи технической диагностики

Для разработки методов диагностики, технологии диагностирования, решения задач прогнозирования в технической диагностике выделяют два основных аспекта:

- изучение конкретных объектов диагностики;
- построение и изучение соответствующих математических моделей.

Эти аспекты отличаются друг от друга как по непосредственному предмету исследования, так и по используемым методам. Первый аспект технической диагностики связан с разработкой методов решения и решением следующих основных задач:

- изучение нормального функционирования системы;

- выделение элементов системы и связей между ними;
- выделение возможных состояний системы, т.е. возможных комбинаций отказов элементов;
- анализ технических возможностей контроля признаков, характеризующих состояние системы;
- сбор и обработка статистических материалов, позволяющих определить распределение вероятностей возможных состояний системы, а также закономерности проявления отказов отдельных ее элементов;
- сбор экспериментальных данных о затратах, связанных с осуществлением проверок.

Для решения этих задач предполагается эмпирическое исследование конкретных технических систем и процедур диагностики. При этом согласно ГОСТ-20911 под системой технического диагностирования понимают “совокупность средств и объекта диагностирования и, при необходимости, исполнителей, подготовленных к диагностированию или осуществляющих его по правилам, установленным соответствующей документацией”.

Второй аспект технической диагностики связан с построением математических моделей объектов и процессов диагностики, следовательно, с решением следующих основных задач:

- разработка методов построения диагностических тестов при поиске отказавших элементов;
- построение оптимальных программ диагностики, т.е. последовательности проверок, позволяющих определить состояние технической системы методом последовательного поиска.

Эти задачи носят в основном математический характер. Их решение, полученное для конкретной технической системы, дает возможность определить ее состояние с минимальными затратами, наилучшим образом по отношению к заданному критерию. При автоматизации процесса диагностирования программа должна служить основой для разработки алгоритма функционирования диагностической системы.

Если первый аспект связан с эмпирическим изучением объектов диагностики, а второй с построением и исследованием их математических моделей, то третий аспект – это исследование диагностических систем и их связей с объектом диагностики. Этот аспект предполагает выполнение существующих диагно-

стических систем по быстродействию, надежности, избыточности и информации, достоверность диагноза и т.д.

Большое значение имеет разработка методики оценки целесообразности и экономической эффективности автоматизации процесса диагностики.

Автоматизация процессов диагностики требует в свою очередь специальной организации технических систем, обеспечивающей быстрое и удобное присоединение диагностических систем. Поэтому важное значение имеет разработка научно обоснованных рекомендаций, учет которых уже на этапе проектирования технических систем позволит выбрать принцип действия системы, отвечающий требованиям технической диагностики.

5.6.4. Виды, методы и средства диагностирования

В зависимости от организационного признака, назначения, места и времени выполнения техническое диагностирование делится на виды (табл.18).

Таблица 18

Виды технического диагностирования

По назначению	По периодичности		Основная задача
	плановое	неплановое	
Функциональное (диагностирование показателей работоспособности)	Через 240 м-ч, 480 м-ч, перед проведением полевых работ	При значительном снижении основных показателей работоспособности	Определение основных технико-экономических показателей машин
Эксплуатационное	При ТО-1, ТО-2, по потребности	При возникновении неисправности в процессе эксплуатации	Определение объема технического обслуживания, причин отказа
Комплексное (определение моторесурса)	При ТО-3, после окончания межремонтного периода	То же	Определение моторесурса для выяснения возможности эксплуатации и необходимости ремонта

Следует выделить функциональные и эксплуатационные виды диагностирования.

Функциональное диагностирование позволяет периодически определять изменение основных показателей работоспособности машин (производительность, расход топлива, мощность и т.д.) и, в случае выхода их за допустимое значение, восстанавливать показатели до величины, близкой к номинальному значению.

Эксплуатационное диагностирование позволяет определять объем операций технического обслуживания, необходимость проведения тех или иных регулировочных операций, а при отказах машин – проводить поиск неисправностей.

Методы диагностирования можно подразделить на субъективные и объективные. Субъективные методы диагностирования (осмотр, прослушивание, проверки механизмов “на ощупь”) позволяют оценивать только качественные признаки технического состояния.

Осмотром устанавливают места подтекания воды, масла, цвет выхлопных газов, дымление из сапуна, биение вращающихся деталей, увеличение количества несрезанных растений, невымолоченных зерен и т.д.

Прослушиванием выявляют места и характер стуков, шумов, перебоев в работе двигателя, отказов в силовой передаче (по скрежету и шуму), неплотности (по шуму проходящего воздуха, масла) и т.п.

Субъективные методы диагностирования позволяют с определенной погрешностью выявлять отказы и потерю работоспособности машины. Однако с их помощью нельзя предсказать появление отказов, значит, и своевременно предотвратить их.

Объективные методы диагностирования (рис. 45), предусматривающие применение специальных приборов, стендов и другого оборудования, позволяют количественно измерять параметры технического состояния тракторов, которые изменяются по мере наработки и в связи с изнашиванием деталей. Зная предельные и допускаемые значения параметров, можно прогнозировать потерю работоспособности и принимать соответствующие предупредительные меры.



Рис.45. Классификация методов технического диагностирования тракторов

Развитие методов и средств технического диагностирования тракторов проходило в три этапа, отличающихся между собой количественными и качественными признаками.

На первом этапе (1950–1960 гг.) разрабатывались приборы для оценки технического состояния сборочных единиц и сопряжений тракторов при проведении технического обслуживания.

На втором этапе (1960–1970 гг.) наряду с разработкой новых устройств создавались комплекты приборов – стационарные, передвижные или переносные.

Начало третьего этапа следует отнести к 1966–1969 гг., когда начались исследования по разработке автоматизированных средств технического диагностирования, потребность в которых

стала очевидной по следующим причинам. Во-первых, продолжительность диагностирования трактора отдельными разрозненными приборами очень высока по сравнению с продолжительностью других операций технического обслуживания. Во-вторых, качественное определение технического состояния невозможно без получения надежного прогноза изменения его в будущем. А для выполнения такой работы необходимо много времени.

На третьем этапе (в настоящее время) существует несколько схем классификации методов и средств контроля технического состояния тракторов. Известны классификации систем контроля в зависимости от количества контролируемых агрегатов и частей изделия (локальные и общие); характера воздействия на объект; используемых средств контроля (универсальные, специализированные, встроенные, внешние, переносные, передвижные, стационарные); степени автоматизации контроля (автоматические, автоматизированные, ручные) и др.

ГОСНИТИ предлагает классифицировать средства контроля по принципу их использования в сельскохозяйственном производстве: передвижные, переносные и стационарные. В дополнение к существующим классификациям профессор И. П. Терских предложил также различать виды заводского контроля: технологический, ремонтный, эксплуатационный и специальный.

Для повышения надежности и эффективности использования тракторов в процессе эксплуатации применяют эксплуатационные приборы (рис.46,47), которые предназначены как для измерения и учета показателей работы машинно-тракторного агрегата (МТА), так и для диагностирования работоспособности важнейших сборочных единиц трактора.

5.7 Обеспечение работы машин топливно-смазочными материалами

Сельское хозяйство, являющееся одним из основных потребителей топлива и смазочных материалов, вырабатываемых в стране, требует для бесперебойной и экономичной работы техники рациональной организации и эксплуатации оборудования нефтехозяйств сельскохозяйственных предприятий.

Актуальность качественного функционирования процессов обеспечения предприятий топливно-смазочными материалами обусловлена экономическими; техническими; экологическими факторами. В связи с диспаритетом цен на сельхозпродукцию и топливно-смазочные материалы (ТСМ) даже при высокой инженерной организации использования машинно-тракторного парка и ТСМ, затраты на них в себестоимости продукции составляют до 15...25 %, а при наличии различного вида потерь ТСМ, низком техническом состоянии МТП доля расходов на топливо и масла еще больше возрастает. Как следствие – низкая рентабельность производства продукции.



Рис.46. Средства и приборы, используемые при эксплуатации машинно-тракторного парка

Рис.47. Классификация средств контроля по совокупности признаков

Качество нефтепродуктов, применяемых на современных тракторах, автомобилях, комбайнах и другой технике, является решающим фактором достаточно надежной, долговечной работы машин. Наличие в хозяйствах большого количества непригодных нефтескладов, хранилищ и постов заправки, несоблюдение требований по обслуживанию оборудования нефтехозяйств, неудовлетворительная герметизация емкостей, заправочных агрегатов и топливных баков машин приводят к потерям и снижению качества нефтепродуктов (обводнению, увеличению содержания механических примесей, осмолению топлива, выпадению антидетонатора из бензина и присадок из масел, расслоению и окислению смазок и др.).

Использование низкого качества ТСМ предопределяет повышенный износ механизмов машин, снижает их мощностные показатели, увеличивает простои из-за неисправностей.

Потери нефтепродуктов, их нерациональное использование вызывают загрязнение водоемов, окружающей среды в целом. Попадающие в почву и водоемы ТСМ сохраняются в них длительное время, что ведет к постепенному их накоплению до уровня, превышающего допустимые пределы. Один грамм нефтепродукта загрязняет до 10 м³ воды; 1 г нефтепродуктов в 1 м³ воды делает ее высокотяжелой.

5.7.1. Организация нефтехозяйства

В процессе использования нефтепродукты проходят стадии транспортировки, хранения, выдачи и собственно использования. На каждом из этих этапов имеются значительные резервы, введение в действие которых позволяет добиваться существенной экономии топлива и масел не только за счет исключения количественных и качественных потерь, но и путем рационального использования машин, соблюдения правил технического обслуживания, правильной организации работы заправочных средств и учета расходования ТСМ. Только при наличии хорошо организованного нефтехозяйства, отвечающего современным требованиям, можно своевременно обеспечить машины нефтепродуктами должного качества. Затраты на правильную организацию нефте-

хозяйства окупаются в два-три года. Большинство хозяйств начинают с организации центрального нефтесклада. Для строительства используют типовые проекты нефтескладов. Выбор проекта нефтесклада в каждом конкретном случае должен обосновываться экономически, особенно объем запаса нефтепродуктов. В зависимости от конкретных условий эксплуатации МТП, состояния дорожной сети, удаленности подразделений хозяйства и машин при работе от пунктов технического обслуживания, наличия машин и их типов разрабатывается схема организации нефтехозяйства предприятия.

Разнообразие местных условий обуславливает наличие нескольких схем организации нефтехозяйства. В состав нефтехозяйства могут входить: центральный нефтесклад при центральной усадьбе; склад производственного подразделения; стационарный пост заправки при центральном складе или в подразделении; передвижные заправочные агрегаты; транспортные средства.

На сельскохозяйственных предприятиях возможны различные схемы организации нефтехозяйства. Исходя из конкретных условий, выбирается лучшая из них (рис.48).

Наиболее экономически целесообразной является схема, при которой нефтепродукты доставляются на склад хозяйства, а оттуда заправочными агрегатами – к МТА. В отделениях склады нефтепродуктов и стационарные посты заправки не организуют.

По схеме 1 нефтехозяйство организуется, если отделения находятся от базы нефтеснабжающей организации на расстоянии 10-15 км, а состояние дорог позволяет в любое время года доставлять нефтепродукты в отделения. В этом случае необходимость в центральном складе отпадает. ТСМ доставляют непосредственно на стационарные посты заправки отделений.

Схему 2 применяют, если в отделении более 20 тракторов, часть которых систематически работает на полях, удаленных от стационарного поста заправки (более 2 км). В этом случае за отделением закрепляется МЗА (на шасси автомобиля), который получает ТСМ на стационарном посту заправки отделения и доставляет их к МТА, работающим на удаленных полях и не возвращающимся на ночную стоянку на стан. Тракторы, работающие вблизи стана, заправляются на СПЗ.

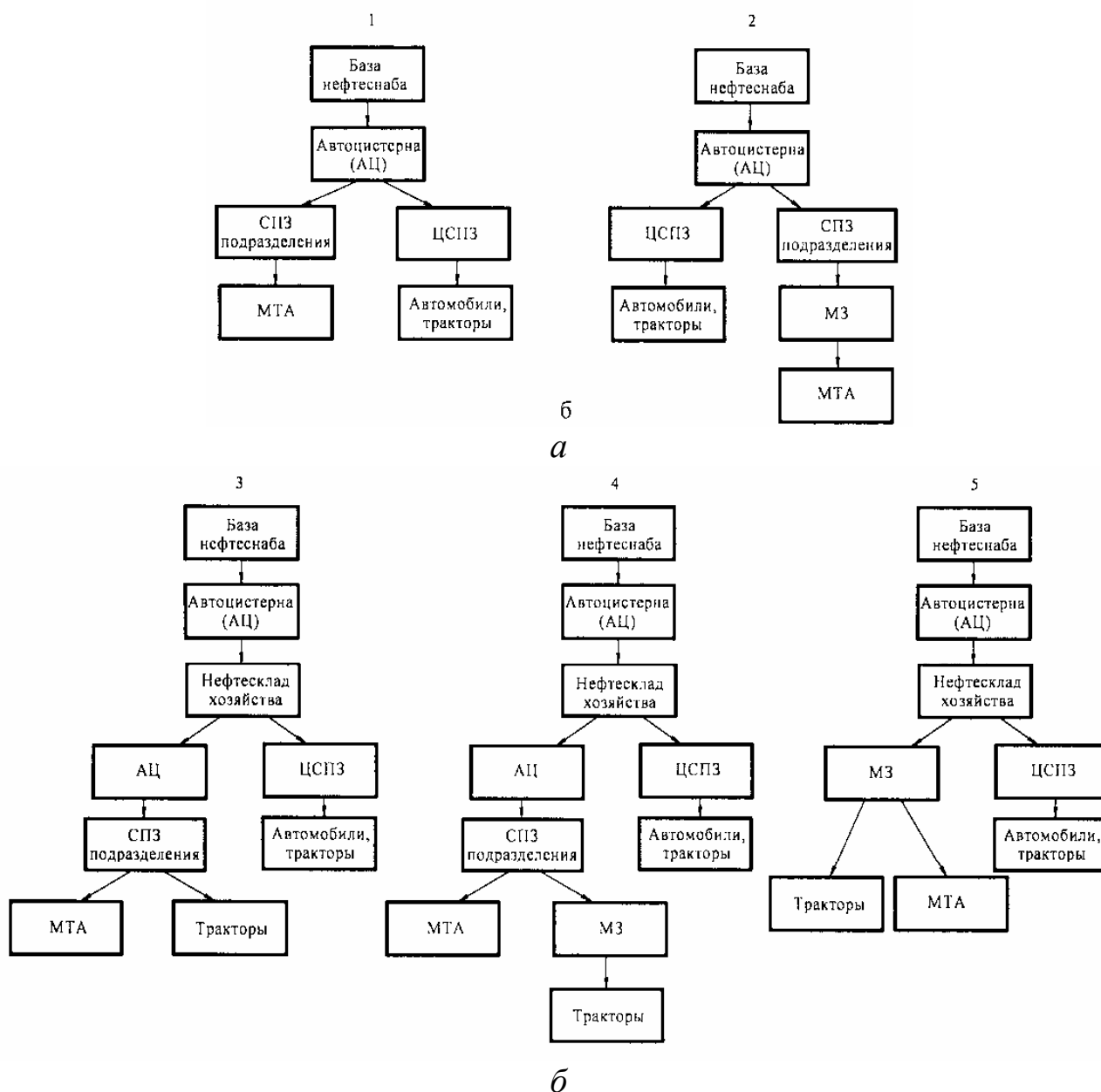


Рис.48. Схема организации нефтехозяйства: а – без центрального нефтесклада; б – с центральным нефтескладом; ЦСПЗ – центральный стационарный пост заправки; СПЗ – стационарный пост заправки подразделения; МЗ – механизированный заправщик

Схема 3 организации нефтехозяйства применяется при расположении базы нефтеснабжения хозяйства на значительном расстоянии. Отделения также удалены от усадьбы и возможны перебои в доставке нефтепродуктов. На центральной усадьбе хозяйства организуют центральный склад с необходимым запасом нефтепродуктов, обеспечивающим весь МТП хозяйства, а в отделениях создаются СПЗ.

На схеме 4 показано смешанное использование стационарных и передвижных заправочных средств при наличии центрального склада в хозяйстве. Такая организация рациональна, и ее применяют в отделениях, имеющих более 20 тракторов.

Широко распространена схема 5 организации нефтехозяйства, при которой нефтепродукты хранятся на центральном складе, откуда их механизированными заправочными агрегатами доставляют к месту работы МТА.

Привязку типовых проектов к местным условиям осуществляют проектные организации по заявкам предприятий. При выборе места для размещения нефтебаз в хозяйстве исходят из того, чтобы они были удобно расположены для обслуживания МТП, для завоза и выдачи нефтепродуктов. При этом необходимо учитывать перспективы использования прилегающей к складу территории и возможность расширения его до 50 % против расчетной площади. Площадка выбирается на сухом, незатапливаемом месте. Следует предусмотреть, чтобы ниже нефтебазы по склону не располагались жилые постройки, лесные массивы, посевы, озера и реки. Для нефтебаз с надземным расположением резервуаров высший уровень подпочвенной воды допустим на глубине не менее чем 0,5 м ниже основания фундамента.

Территория нефтесклада должна находиться на расстоянии более 50 м от помещений, где применяется открытый огонь; на расстоянии не менее 60-100 м от производственных помещений и жилых домов. Нефтесклад ограждают забором или канавой и земляным валом высотой не менее одного метра, шириной 0,5 м. Для хранения нефтепродуктов выпускаются горизонтальные резервуары, рассчитанные на внутреннее давление паров в газовом пространстве не более 0,4 кг/см². Горизонтальные резервуары выпускаются с плоскими, коническими и сферическими днищами. Резервуары с плоскими днищами устанавливают наземно или заглубляют в землю. Резервуары с коническими днищами устанавливают только наземно.

При наземной установке резервуары опираются на две седловидные опоры, выполненные из кирпичной кладки или бетона. При установке горизонтальных резервуаров необходимо помнить, что опоры не должны находиться под швами резервуара.

Под резервуары на опоры подкладывают толь или рубероид. Ширина каждой опоры для резервуаров емкостью 3 и 5 м³ должна быть не менее 50 см. Угол охвата резервуара опорой должен быть не меньше 90°. Для сбора отстоя и лучшего его слива емкость необходимо установить с уклоном 0,01 к противоположной стороне от раздаточного крана.

При наземном расположении цистерн расстояние между ними должно быть не менее диаметра большего соседнего резервуара или не менее 10-12 м (при подземном – 1-2 м).

Для отвода статического электричества, накапливающегося на поверхности резервуаров при сливе и наливе топлива, резервуары заземляют. Для центральных и заправочных постов разработаны типовые проекты. Проектами предусматривается полная механизация всех операций с нефтепродуктами, обеспечивающая минимальные потери при сливе, хранении, выдаче и заправке и возможность контроля качества нефтепродуктов.

Проекты нефтескладов рассчитаны на емкость резервуарного парка 40 м³ (для дизельного топлива $V = 10 \text{ м}^3$ - 2 шт., для бензина $V = 5 \text{ м}^3$ - 2 шт., $V = 10 \text{ м}^3$ – 1 шт., под масло два резервуара по 5 м³).

5.7.2. Оборудование нефтехозяйства

Транспортные средства. Для перевозки нефтепродуктов в сельском хозяйстве широко применяют транспортные и топливо-раздаточные цистерны на шасси автомобилей ГАЗ, ЗИЛ, КамАЗ, а также цистерны на двухосных прицепах. Транспортная автоцистерна, находящаяся в эксплуатации, подлежит обязательной государственной проверке один раз в год.

Транспортную цистерну оборудуют дыхательным клапаном, который устанавливают на крышке горловины цистерны; отстойником-водоотделителем с краном для слива отстоя; двумя напорно-всасывающими рукавами с соединительной муфтой; пыленепроницаемыми трубами или ящиками для хранения рукавов, самовсасывающим насосом с приводом от двигателя через КПП; всасывающим и напорным трубопроводом насоса с задвижками.

Оборудование обеспечивает заполнение цистерны топливом через горловину или через трубопроводы, заполнение цистерны при помощи насоса, слив топлива из цистерны самотеком или при помощи насоса, перекачивание топлива из одного резервуара в другой минуя собственно цистерну. Топливораздаточная автоцистерна, кроме указанного ранее, имеет дополнительное оборудование; раздаточный рукав с краном для заправки машин топливом; самонаматывающийся барабан, в котором расположен раздаточный рукав; фильтр тонкой очистки выдаваемого дизельного топлива; счетчик жидкости для учета выдаваемого топлива при заправке. Каждая автоцистерна имеет три типа заземляющих устройств для отвода статического электричества: цепочку постоянного заземления, штырь с металлическим тросом, электрический шнур длиной 6 м для заземления автоцистерны на нефтебазах и складах при заполнении и сливе нефтепродуктов.

В сельском хозяйстве применяют автоцистерны следующих марок: АЦ-2,2-53А; АЦ-4,2-130; буквы и цифры означают: АЦ - транспортная цистерна на шасси автомобиля; АТЗ - топливозаправочная цистерна на шасси автомобиля; ПЦ - транспортная цистерна на шасси прицепа; 2,2; 4,2 - номинальная емкость цистерны в тыс. литров; 130, 53А - модель автомобиля.

Категорически запрещается автоцистерны, особенно топливозаправочные и цистерны на прицепах, предназначенные для перевозки нефтепродуктов, использовать для перевозки воды и аммиачной воды.

Передвижные заправочные средства. В качестве передвижных средств заправки применяют механизированные заправочные агрегаты. Заправочные агрегаты выпускаются следующих моделей: МЗ-3904 на шасси автомобилей ГАЗ-52; МЗ-3905Т - на шасси тракторного прицепа 2 ПТС-4м.

Модели агрегатов отличаются друг от друга только компоновкой отдельных узлов, емкостью цистерны и баков.

Механизированные заправочные агрегаты имеют все необходимое оборудование для доставки в поле и заправки тракторов и комбайнов нефтепродуктами и водой на месте их работы.

Емкости агрегата имеют сетчатые фильтры в заливных горловинах, электрические дистанционные указатели уровня жидко-

сти в каждой емкости, боковые емкости имеют поплавковые устройства, автоматически отключающие вакуумную воздушную магистраль при полном заполнении емкости жидкостью. Каждая емкость герметически закрывается пробкой.

Оборудование агрегата обеспечивает доставку к месту работы тракторов и комбайнов в герметически закрытых емкостях дизельного топлива, дизельного масла, автотракторного и трансмиссионного масла, бензина, консистентной смазки и воды; заполнение цистерн и баков агрегата нефтепродуктами и водой через горловины от постороннего насоса; заполнение цистерн дизельным топливом при помощи насоса агрегата; заполнение баков бензином, дизельным маслом, автолом и водой при помощи компрессора, работающего в режиме вакуум-насоса; заправку трактора и комбайна дизельным топливом из цистерны агрегата через фильтр и счетчик жидкости при помощи насоса агрегата; заправку трактора и комбайна бензином, дизельным маслом, автолом, солидолом и водой под давлением воздуха, поступающего от компрессора агрегата; перекачивание дизельного топлива при помощи насоса агрегата из одной емкости в другую, минуя цистерну агрегата.

Сжатый воздух, поступающий от компрессора, обеспечивает работу пневматического солидолонагнетателя, который состоит из бункера для хранения запаса солидола и раздаточного пистолета-нагнетателя, соединенного шлангом с воздушной магистралью компрессора. На бункер солидолонагнетателя устанавливают приспособление для заполнения солидолом ручных рычажно-плунжерных шприцов под действием сжатого воздуха.

Насос и компрессор механизированного заправочного агрегата на шасси тракторного прицепа работают от гидросистемы трактора-тягача, для чего на агрегате установлен гидромотор с трансмиссией. Гидромотор соединен с отдельно-агрегатной системой трактора-тягача специальными шлангами высокого давления. Управляют работой гидромотора с пульта управления гидросистемы трактора тягача при работающем двигателе.

Резервуары для хранения нефтепродуктов. Для хранения нефтепродуктов в сельском хозяйстве преимущественно применяют горизонтальные цилиндрические резервуары емкостью 3,5; 10; 25; 50 и 75 м³.

Горизонтальные резервуары промышленностью поставляются укомплектованными соответствующей арматурой и замерными калибровочными таблицами. Комплект арматуры состоит из крышки горловины, на которой устанавливают замерный люк, дыхательного клапана с огневым предохранителем, вентиля или крана и водогрязеспускной пробки, поплавкового устройства для забора топлива.

При подземной установке резервуаров их поверхность и подземную часть трубопроводов покрывают противокоррозионной гидроизоляцией. Наружная поверхность резервуаров и трубопроводов должна быть покрашена в светлый цвет битумной или масляной краской. Красить известью не рекомендуется, так как она вызывает коррозию и легко смывается.

На каждом наземном резервуаре должна быть четкая надпись, указывающая наименование и марку нефтепродукта, который хранится в резервуаре.

Оборудование для приема и отпуска нефтепродуктов. Для приема и выдачи нефтепродуктов в больших объемах применяют приемо-раздаточные стояки. Для приема из автоцистерн и выдачи топлива в автоцистерны рекомендуется применять приемо-раздаточный стояк, мотопомпы, а также самовсасывающие насосы, которые смонтированы с электродвигателем на одной плите.

Стояк имеет три типоразмера устройств для присоединения сливных рукавов автоцистерн. Устройство стояка позволяет принимать из транспортных цистерн нефтепродукты: самотеком, при помощи насоса, находящегося на транспортной цистерне, или при помощи насоса, вмонтированного в корпус стояка, а также пропускать топливо через фильтр и счетчик.

С 1973 года выпускают приемо-раздаточный стояк 03-9721, предназначенный для приема дизельного топлива, бензина, керосина из автоцистерны в стационарные резервуары и для выдачи дизельного топлива, бензина, керосина (через фильтр тонкой очистки) из стационарных резервуаров в емкости автоцистерн, заправочные агрегаты, в баки тракторов, автомобилей, комбайнов и других машин на складах нефтепродуктов и заправочных постах.

Производительность насоса при сливе до 500 л/мин, при заправке баков машин - 50...80 л/мин. Мощность электродвигателя 10 кВт. Механизированный прием топлива из автоцистерн, не имеющих насосов, обеспечивают мотопомпы.

Прием жидких масел из автоцистерн в резервуары и выдача из резервуаров в автоцистерны производится шестеренчатыми насосами. Для перекачивания бензина, дизельного топлива, керосина и других видов жидкого топлива в небольших количествах на складах нефтепродуктов могут применяться ручные насосы "Родник", БКФ-4, РН-40.

Оборудование для заправки. Для заправки тракторов, автомобилей и других самоходных машин применяют топливо- и маслораздаточные колонки и другое оборудование. Колонки в зависимости от конструкции измерительного устройства бывают с мерными сосудами и со счетчиком жидкости. По роду управления заправкой колонки бывают с ручным управлением, с управлением от местного задающего устройства, с управлением от дистанционного задающего устройства, с комбинированным управлением (от задающего устройства и с ручным).

Топливораздаточные колонки в зависимости от привода насоса и способа управления выпускают следующих типов (табл.19).

Таблица 19

Типы топливозаправочных колонок

Тип колонки	Характеристика колонки
КР	Колонка с ручным приводом
КЭР	Колонка с электроприводом и местным ручным управлением
КЭМ	Колонка с электроприводом и управлением от местного задающего устройства
КЭД	Колонка с электроприводом и управлением от дистанционного устройства
КЭК	Колонка с электроприводом и комбинированным управлением (управление от задающего устройства и местным ручным управлением).

Для заправки машин дизельным топливом рекомендуется использовать топливораздаточную колонку 03-1769 или ее более совершенную модель КЭР-40-1,0. Отличительной особенностью колонки КЭР-40-1,0 является наличие фильтра тонкой очистки ФДГ-30ТМ, обеспечивающего достаточную очистку дизельного топлива.

Для отпуска бензина предназначены топливораздаточные колонки со счетчиками жидкости: КЭР-40-0,5; КЭД-40-0,5. Несмотря на многообразие конструкций, все типы топливораздаточных колонок со счетчиками имеют одинаковые узлы и детали и работают также одинаково. Дизельное масло заправляют в машины при помощи маслораздаточной колонки прямого действия с электрическим приводом.

Колонка 367М обеспечивает закрытую выдачу, учет количества заправленного масла; работает совместно с насосной установкой, смонтированной на стальной плите и состоит из электродвигателя, шестеренчатого насоса, гидравлического аккумулятора, фильтра, автоматического выключателя, обратного клапана, манометра, предохранительного (перепускного) клапана.

Включают установку в начале смены, а выключают – в конце. В процессе работы насосная установка включает и выключает электродвигатель автоматически – выключателем диафрагменного типа, соединенным трубопроводом с гидравлическим аккумулятором, который автоматически включает электродвигатель при давлении масла в трубопроводах $8...10 \text{ кг/см}^2$ и выключает его при давлении $14...15 \text{ кг/см}^2$. Гидравлический аккумулятор поддерживает стабильность давления и равномерность работы колонки. Для заправки машин трансмиссионным маслом рекомендуется использовать установку 3119А с электроприводом. Она состоит из шестеренчатого насоса, электродвигателя, устройства для автоматического включения и выключения электродвигателя, гидравлического аккумулятора, двух раздаточных кранов.

Смазку механизмов тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин как на посту заправки, так и на пункте технического обслуживания рекомендуется проводить электромеханическим, пневматическим или ручным рычажно-плунжерным солидолагнетателем.

5.7.3. Определение годовой потребности хозяйства в нефтепродуктах и емкости резервуаров нефтескладов

Потребление нефтепродуктов находится в прямой зависимости от объема тракторных работ и производственной загрузки комбайнов, автомобилей, самоходных машин и стационарных тепловых установок. Расход топлива тракторами за год и по сезонам полевых и других сельскохозяйственных работ может быть рассчитан несколькими способами по следующим формулам:

$$Q_{г.т}^1 = \frac{\sum B_{у.га} \cdot B_{у.га}}{1000}; \quad (44)$$

$$Q_{г.т}^2 = \sum_{i=1}^m \frac{T_{ri} \cdot G_{rci} \cdot n_{\mu.i}}{1000}; \quad (45)$$

$$Q_{г.т}^3 = \sum_{i=1}^t \frac{F_i \cdot B_i}{1000}, \quad (46)$$

где $Q_{г.т}$ - годовой (сезонный) расход топлива в хозяйстве или в отделении, т; $\sum B_{у.га}$ - объем всех тракторных работ; у.э.га; $B_{у.га}$ - расход топлива, кг/у.э.га (или на гектар данного вида работ, кг/физ.га; $n_{\mu.i}$ - количество тракторов данного типа; шт.; T_{ri} - количество часов работы в год (на одну машину), ч; m - количество типов тракторов; G_{rci} - средний часовой расход топлива, кг/ч; F_i - общая площадь обработки i -го вида, физ.га.

Наиболее точен способ расчета по формуле (46).

Физический объем всех видов механизированных работ определяется по действующим в хозяйствах технологическим картам или годовым производственным заданиям тракторных бригад и механизированных звеньев. В объем тракторных работ включаются все работы, выполняемые на тракторной тяге, в том числе транспортные, землеройные и стационарные.

Потребное количество топлива для зерноуборочных комбайнов определяют в зависимости от планируемой уборочной площади, марки комбайнов, норм расхода топлива на гектар уборочной площади при скашивании, подборе валков и прямом комбайнировании.

Расчет потребности горючего для грузового автотранспорта производится на основе утвержденных норм расхода топлива для автомобилей (на 100 т·км транспортных работ или 100 км пробега) и планируемых объемов работ. Потребность в автоле, дизельном масле, солидоле и трансмиссионном масле рассчитывается по нормам, установленным в процентах к объему планируемого расхода каждого вида автотракторного горючего.

Количество емкостей для хранения топлива рассчитывают на основании годового расхода топлива, коэффициента наполнения емкостей (K_e) и максимального коэффициента неравномерности расхода топлива по месяцам (K_{max}). Этот коэффициент находится путем деления максимального количества топлива, израсходованного в один из месяцев года, на количество топлива, израсходованного в среднем за один месяц этого года. Максимальное количество топлива (E_{max}), которое должно храниться в хозяйстве, находится в зависимости от максимального коэффициента неравномерности его расхода и соответствует следующим значениям:

K_{max}	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
E_{max}	4,0	4,8	5,6	6,4	7,8	9,4	10,8	12,0

Здесь E_{max} - максимальное количество топлива в процентах к годовому расходу (Q).

Зная расход топлива в течение года Q и коэффициент неравномерности K_{max} его расхода, можно вычислить объем резервуарных емкостей:

$$V_T = QE_{max}/100jK_e, \quad (47)$$

где V_T - объем резервуарных емкостей, м³; j - удельный вес топлива, т/м³ (при расчете принимается для дизельного топлива 0,8 т/м³; для бензина 0,76 т/м³); K_e - коэффициент наполнения емкостей, $K_e = 0,95$.

Полученный результат округляют до значений, равных емкости целого числа стандартных резервуаров. По этой формуле можно рассчитывать резервуарные емкости для всех видов топлива при условии, что в составе данного хозяйства нет отделений, в которых может быть свой учет и свое значение коэффициента K_{max} . Если же в хозяйстве имеется более двух отделений, то

значение K_{\max} снижается за счет осреднения, поэтому полученный при расчете результат умножается на коэффициент 1,5.

Емкость резервуаров для масел определяется по формуле

$$V_m = V_t P / 100, \quad (48)$$

где V_m - объем резервуарных емкостей для масел, m^3 ; V_t - объем резервуарных емкостей для топлива, m^3 ; P - расход масла в процентах к расходу соответствующего топлива.

После расчета необходимых для нефтесклада емкостей по видам нефтепродуктов выбирают типовой проект, размеры резервуаров и баков.

Потребность в емкостях для склада отделений нефтепродуктов определяется количеством расходуемого топлива в наиболее напряженный период с учетом времени отстоя дизельного топлива (96 часов), наличия транспортных средств и не менее двух-трехдневного запаса топлива.

Емкости резервуаров для отстоя дизельного топлива рассчитывают по уравнению

$$V_{от} = \frac{0,5t \sum Q_{т.г}}{j(1 - K_{мз})}, \quad (49)$$

где $V_{от}$ - емкость резервуара для отстоя топлива, л; t - время, на которое рассчитывается запас топлива, ч; $\sum Q_{т.г.}$ - суммарный часовой расход топлива тракторами и комбайнами отделения, кг; $K_{мз}$ - коэффициент мертвого запаса резервуара (слой отстоявшейся мути), $K_{мз} = 0,05 \dots 0,10$.

Для хранения основных нефтепродуктов на каждом складе должно быть не менее двух резервуаров.

5.7.4. Организация заправки машинно-тракторного парка

Механизация операций заправки позволяет: снизить простой машин на заправке, сократить время заправки, сохранить качество нефтепродуктов, тем самым повысить надежность и долговечность машин, снизить затраты средств на заправку, снизить потери нефтепродуктов, значительно сократить затраты ручного труда, улучшить условия труда обслуживающих рабочих, повысить культуру эксплуатации МТП.

Заправка тракторов и комбайнов топливом и смазочными материалами входит в перечень операций технического обслуживания и выполняется в определенной последовательности согласно правилам технического обслуживания. В обязанности водителя входит подготовка машины к заправке как на стационарном посту заправки, так и при заправке механизированными агрегатами. Перед заправкой водитель трактора, комбайна обязан осмотреть агрегат и устранить обнаруженные неисправности, вызывающие утечку топлива и масла. Перед заполнением емкостей машины топливом, маслом или пресс-масленок солидолом очищают пробки горловин заливных отверстий от пыли и грязи. При односменной работе машины целесообразно заправлять после рабочей смены, на месте ночной стоянки, а при двухсменной - как на стане отделения, так и в поле на поворотной полосе загона.

Выбор организации и средств заправки машин нефтепродуктами зависит от конкретных условий хозяйства, числа тракторов в отделении, удаленности работающих тракторов от нефтескладов, расстояния и состояния дорог до базы получения нефтепродуктов. На стационарном посту заправки отделения рационально заправлять тракторы, которые работают в поле на расстоянии не более 2 км, или при односменной работе, когда машины вынуждены переезжать в отделение для ночной стоянки.

В бригаде из 10-15 тракторов обрабатываемые поля, как правило, находятся в радиусе 3-5 км от СПЗ. В этом случае тракторы можно заправлять как на СПЗ, так и при помощи МЗА. При наличии в бригаде 15-25 тракторов, работающих на расстоянии более 2 км от СПЗ, их заправляют при помощи МЗА.

В отделении из 25-35 и более тракторов заправка может быть организована двумя способами. Часть тракторов, работающих вблизи СПЗ (на расстоянии до 2 км) заправляют на отделении, остальные тракторы - при помощи МЗА. Стационарный пост заправки машин нефтепродуктами организуют на центральном складе нефтепродуктов, самостоятельно на центральной усадьбе хозяйства, а также на отделениях. Пост заправки выполняет операции по приему нефтепродуктов, их хранению, заправке машин, контролю качества и учету выданных нефтепродуктов. Пост заправки должен иметь оборудование для приема топлива и сма-

зочных материалов, хранения их, для заправки машин всеми видами нефтепродуктов, контроля их качества и учета.

Оборудование для заправки смазочными материалами размещают в маслоскладе с раздаточной, что обеспечивает его сохранность и работоспособность в любую погоду. В помещении маслосклада необходимо поддерживать температуру не ниже $+10^{\circ}\text{C}$. При более низкой температуре повышается вязкость нефтепродуктов, что нарушает нормальную работу маслораздаточных колонок и насосных установок. Опыт использования МЗА показал, что затраты на заправку 1 т дизельного топлива обходятся хозяйству на 60% меньше, чем при выполнении этих же операций стационарными или другими средствами.

Затраты времени у механизированных заправщиков непосредственно на заправку (среднее время одной заправки 8...14 минут) обычно составляют 40...50%, на переезды - 30...40% от времени смены. Остальное время (около 30...60 минут ежедневно) расходуется на обслуживание агрегата, заполнение его емкостей нефтепродуктами на складе. Если агрегат будет делать пробег в день более 100 км, то его использование становится экономически невыгодным.

Заправку тракторов, комбайнов осуществляют примерно в такой последовательности: тракторы, комбайны, вышедшие с технического обслуживания, – на СПЗ; тракторы, комбайны, работающие в одну смену, – на месте их стоянки; тракторы, работающие в две смены, – на месте их работы в поле; остальные машины, механизмы, стационарные установки, – на отделении. При семичасовом рабочем дне во время полевых работ МЗА начинает работу в 6 часов утра и заканчивает первую заправку в 10 часов, вторую начинает в 17 ч и заканчивает в 20 ч.

В напряженный период (весенний сев, уборку) агрегат затрачивает больше времени на заправку машин, и водителю предоставляется отгул за сверхурочную работу в менее напряженный период полевых работ. В промежутках между утренней и вечерней заправками водитель заправщика составляет отчет и сдает его в бухгалтерию. Оплату труда водителей-заправщиков МЗА рекомендуется осуществлять сдельно.

Одним из важнейших мероприятий по экономии ТСМ в хозяйствах является их строгий учет. Основным документом для списания отпущенных и прихода полученных нефтепродуктов на нефтескладах и постах заправки является лимитно-заборная ведомость. Она выписывается в бухгалтерии хозяйства.

Основным первичным документом по учету расхода ТСМ тракторами, комбайнами и другими самоходными машинами является учетный лист или путевой лист (при заправке автомобилей), в котором расписывается водитель машины после каждой заправки. Раз в 10 дней учетчик представляет в бухгалтерию хозяйства или отделения отчет заправщика вместе с учетными листами тракториста-машиниста. В бухгалтерии по каждому водителю ведется систематический учет планового и фактического расхода топлива, а также экономии и перерасхода в книге лицевых счетов трактористов-машинистов.

Выдачу ТСМ на стационарном пункте заправки учитывает учетчик-заправщик, а из механизированного агрегата - водитель-заправщик. Наиболее целесообразной и распространенной формой считают талонную систему. Она позволяет вести учет топлива и контролировать своевременное проведение периодического технического обслуживания. Ежемесячно на нефтескладе или посту заправки проводят инвентаризацию остатков нефтепродуктов, для чего создается комиссия из работников бухгалтерии.

По результатам инвентаризации комиссия составляет акт о фактических остатках нефтепродуктов на первое число каждого месяца и передает акт в бухгалтерию хозяйства для составления сличительных ведомостей по инвентаризации.

5.7.5. Количественное измерение нефтепродуктов

Количественный учет нефтепродуктов на сельскохозяйственных предприятиях ведут в весовых единицах. Объемный метод (л, м³) применяют только для внутреннего учета, при выдаче нефтепродуктов в хозяйствах, связанных с эксплуатацией тракторов и автомашин. Основным недостатком этого метода является то, что объем нефтепродуктов изменяется с изменением его температуры, поэтому объем характеризует количество только при-

ближенно. Коэффициенты объемного расширения различны для разных сортов нефтепродуктов и даже для разных партий одного и того же сорта. Для количественного измерения нефтепродуктов применяют весы всех видов с допустимой погрешностью $\pm 0,1\%$; автоцистерны, калиброванные на полную вместимость с допустимой погрешностью $\pm 0,5$ и $\pm 1,0\%$; топливораздаточные агрегаты с погрешностью $\pm 1,0\%$, объемные счетчики для нефтепродуктов с допустимой погрешностью $\pm 0,5\%$.

Взвешивание нефтепродуктов применяют при их отпуске потребителю в малых дозах в затаренном виде (бочки, бидоны).

При отпуске и приеме нефтепродуктов в автоцистернах определяют их массу путем взвешивания. Для этого автоцистерну взвешивают на автомобильных весах до заполнения и после заполнения нефтепродуктами. Для замера объема нефтепродуктов в автоцистернах определяют уровень их относительно тарировочной планки. Для замера высоты налива в резервуарах используют рулетки с лотом, мерштоки, в железнодорожных цистернах - таврорейку. По данным замера, используя калибровочные таблицы, определяют количество нефтепродуктов в объемных единицах. По плотности нефтепродукта (измерив ее нефтенсиметром) и его температуре далее определяют вес нефтепродукта.

В современных тракторах и комбайнах основным средством учета топлива служит мерная линейка, протарированная на каждый топливный бак.

5.7.6. Мероприятия по обеспечению чистоты топливно-смазочных материалов и борьба с их потерями

Современные машины предъявляют очень высокие требования к чистоте топлива и масла. ГОСТ допускает содержание механических примесей в дизельном топливе не более $0,005\%$ (50 г на 1 т топлива). Однако практика показывает, что в бак трактора зачастую заливают дизельное топливо, имеющее гораздо больше примесей, чем предусмотрено ГОСТом. В неотстоянном и нефилтрованном топливе можно обнаружить до 200-300 г механических примесей в пересчете на 1 т топлива. В отдельных случаях в топливе, взятом из бака трактора, работающего в запыленных условиях, обнаруживает до 2,5 кг/т механических примесей.

При таком количестве примесей фильтры, установленные на двигателе, не могут продолжительно и нормально очищать топливо.

При хорошем уходе и предварительном отстаивании и фильтрации дизельного топлива топливная аппаратура трактора работает без регулировки более 2000-3000 ч, а без замены прецизионных деталей – 6000 ч. Чтобы гарантировать нормальную работу дизельной топливной аппаратуры, необходимо заправлять в бак трактора топливо, из которого удалены механические примеси с размером частиц более 20 мкм, а количество оставшихся примесей не превышает 20-30 г/т. Этого можно добиться, заливая в бак топливо после предварительного отстоя и пропуска его через специальный фильтр тонкой очистки,

При перевозке в железнодорожной цистерне в нефтепродукты попадают продукты коррозии трубопроводов, цистерн, пыль и влага воздуха и др. Увеличивается засорение нефтепродуктов при хранении на базах нефтеснаба, при перевозке, хранении на складах хозяйств, отделений, особенно при заправке тракторов и комбайнов. Вследствие дыхания резервуаров и транспортных цистерн вместе с воздухом, поступающим в емкость, нефтепродукты загрязняются пылью.

Источником загрязнения механическими примесями и водой консистентных смазок в первую очередь является атмосфера. Как правило, емкости с солидолом остаются открытыми, что способствует занесению пыли и влаги в емкость.

Мероприятия по сохранению качества и чистоты ТСМ могут быть предупредительными и активными. Для топлива наряду с предупредительными мерами первостепенное значение имеют активные меры - отстаивание и фильтрация. Отстаивание дизельного топлива - наиболее простой способ очистки, основанный на осаждении частиц, находящихся в жидкости, под действием силы тяжести.

Дизельное топливо по сравнению с бензином имеет большую вязкость, поэтому попавшие в него абразивные частицы осаждаются в 10 раз медленнее, чем в бензине. Осаждению частиц размером 30-20 мкм и меньше препятствуют конвекционные потоки, вызванные колебаниями температуры топлива.

За 96 ч отстоя топливо на глубине 50 см освободится от механических примесей на 95-96%. Поэтому забор топлива осуществляют из верхних слоев, с помощью установленных в резервуарах поплавковых устройств. Иногда для повышения эффективности очистки топлива при отстаивании применяют двойное отстаивание, когда топливо через поплавковый топливоприемник из наземного резервуара поступает в подземный резервуар и уже из него подается топливозаправочной колонкой в баки машин.

Фильтрация дизельного топлива осуществляется на складах нефтепродуктов, на стационарных постах заправки и на МЗА. Наилучший эффект дает применение фильтра при заправке машины, когда очищенное дизельное топливо, прошедшее через фильтр тонкой очистки, по раздаточному рукаву поступает в бак машины. Согласно ГОСТ фильтры топливораздаточных колонок должны обеспечивать тонкость фильтрации 20 мкм.

Все потери нефтепродуктов могут быть подразделены на три основных вида: количественные, качественные и количественно-качественные.

К количественным потерям относятся утечки нефтепродукта из-за неисправного состояния резервуаров, трубопроводов, арматуры и случайного разлива.

Качественные потери происходят в результате загрязнения нефтепродукта примесями или другими менее качественными продуктами, а также изменения его физико-химических свойств, причем количество нефтепродуктов остается прежним.

К количественно-качественным потерям относятся потери от испарения, при которых уменьшается количество нефтепродукта и ухудшается его качество, часть потерь является неизбежной вследствие специальных свойств нефтепродуктов. Бензин легко испаряется даже при минусовой температуре, масло остается на внутренних стенках тары при сливе или заправке. Но эти потери не превышают установленных норм естественной убыли.

Однако фактические потери нефтепродуктов в хозяйствах нередко превышают нормы потерь. Через неплотное соединение трубопровода, крана, рукава вытекает нефтепродукт каплями, а иногда и струйками, в результате теряются тонны нефтепродуктов. Через отверстие резервуара размером 10 см² ($D = 3,5 \dots 4,0$ см) в солнечный день выдувает ветром до 60 кг бензина.

Основными мероприятиями по борьбе с потерями являются следующие.

1. Использование для перевозки нефтепродуктов автоцистерн, заправка их закрытым способом, поддержание автоцистерн и их арматуры в технически исправном состоянии (герметизация крышек, кранов, исправность дыхательных клапанов и др.).

2. Применение рациональных способов хранения ТСМ, соответствующего оборудования, поддержание его в исправном состоянии, заполнение резервуаров полностью (например, потери бензина в подземных резервуарах в три раза меньше, чем в наземных).

3. Закрытая заправка машины МЗА с применением топливораздаточного крана, автоматически отключающего подачу топлива при заполнении бака машины, поддержание агрегатов в исправном техническом состоянии.

4. Многократное использование топлива, применяемого при техническом обслуживании машин для промывки деталей, узлов, фильтров, картеров, за счет его фильтрации.

5. Своевременное и качественное техническое обслуживание оборудования нефтехозяйства и МТП.

6. Применение для заправки машин маслом насосов-дозаторов, а для смазки узлов машин консистентными смазками пневмо- и электрических солидолонагнетателей, механизированных рычажно-плунжерных шприцев, заправка их солидолом в тубах, предназначенных для разовой зарядки.

7. Сбор и сдача отработанных масел. При правильной организации сбора масла можно собрать его более 20 % от свежего. После регенерации оно вновь может использоваться. Кстати, это мероприятие позволит избежать загрязнения окружающей среды (озер, рек, водоемов и т.д.).

5.7.7. Техническое обслуживание и ремонт оборудования нефтехозяйств

Техническое состояние оборудования на складах и заправочных постах, механизированных заправочных агрегатов зависит от правильно организованной эксплуатации и своевременного и качественного выполнения технического обслуживания и

ремонта, которые обеспечивают его высокую готовность, надежную и длительную эксплуатацию, минимальные потери и высокое качество ТСМ. Система планово-предупредительного обслуживания состоит из организационных и технических мероприятий по надзору, межремонтному техническому обслуживанию и ремонту заправочных средств и оборудования нефтехозяйств. По периодичности и объему работ техническое обслуживание делится на ежедневное техническое обслуживание (ЕО), периодическое (ТО-1, ТО-2). Периодичность выполнения каждого вида технического обслуживания топливораздаточных колонок приведена в таблице 20.

Таблица 20

Периодичность технического обслуживания
топливораздаточных колонок

Номер технического обслуживания	Периодичность
ЕТО	Ежедневно
ТО-1	После измерения 200000 л, но не реже одного раза в три месяца
ТО-2	После измерения 400000 л, но не реже одного раза в 6 месяцев.

Эксплуатация заправочного оборудования, не прошедшего плановое техническое обслуживание, запрещается.

Ежесменное техническое обслуживание состоит из контрольного осмотра всего оборудования перед началом работ, в процессе и после работы. Периодическое техническое обслуживание предназначено для снижения интенсивности износа деталей, выявления неисправностей путем своевременного, систематического выполнения контрольных, смазочных, крепежных, регулировочных и других работ. Периодические технические обслуживания должен выполнять слесарь-механик, имеющий допуск к обслуживанию и ремонту оборудования нефтехозяйства.

Техобслуживание заправочного оборудования ТО-1 включает, кроме ЕТО, следующие основные операции: промывку фильтрующих элементов, проверку, при необходимости замену уплот-

нительных манжет, сальниковых набивок, промывку и замену смазки в подшипниках, проверку состояния крышек, клапанов, соединений и пр. Техническое обслуживание ТО-2 выполняется перед наступлением весенне-летнего и осенне-зимнего периода эксплуатации. В него входят, кроме операций ЕТО и ТО-1, следующие основные операции: регулировка клапанов и тарировка счетчиков жидкости, проверка мерных устройств, проверка заземления, обслуживание электрооборудования, промывка насосов, окраска и др. Трудоемкость технического обслуживания указана в табл. 21.

Таблица 21

Трудоемкость технического обслуживания
оборудования нефтехозяйств

Оборудование	Трудоемкость, чел.-ч		
	ЕТО	ТО-1	ТО-2
Топливораздаточная колонка КЭД-40-0,5	0,1	4	5,3
Топливораздаточная колонка КЭД-40-1,0	0,1	4,5	5,8
Приемо-раздаточный стояк	0,1	4,6	5,8
Маслораздаточная колонка 367М	0,1	3,0	3,8
Механизированный заправочный агрегат МЗ-3904	0,2	4,3	5,6
Резервуары с арматурой:			
5 м ³	0,1	4,9	9,9
10 м ³	0,1	5,0	10,0
25 м ³	0,1	5,5	10,5
50 м ³	0,1	5,7	10,7

Ремонт оборудования нефтехозяйств делится на текущий (эксплуатационный) и капитальный. Каждый вид ремонта оборудования выполняется согласно существующим межремонтным срокам.

При текущем ремонте оборудования заменяют или восстанавливают отдельные неисправные детали (сальники и т.д.), приборы и узлы, наносят антикоррозионное покрытие. Текущий ремонт в хозяйстве осуществляют без демонтажа оборудования и выполняют силами и средствами специальной бригады, имеющей для этого допуск. Капитально оборудование ремонтируют двумя методами: индивидуальным и агрегатным.

При индивидуальном методе оборудование отправляют на ремонт комплектно, а подлежащие ремонту агрегаты и узлы регистрируют и устанавливают на то же оборудование, с которого они были сняты.

При агрегатном методе оборудования снимаются узлы, требующие ремонта, и взамен устанавливают узлы из обменного фонда, заранее отремонтированные или новые.

Капитальный ремонт колонок, стояков, мотопомп, заправочных агрегатов выполняют в специальных ремонтных цехах мастерских. Право выполнения капитального ремонта предоставляется специальным разрешением областных контрольно-измерительных лабораторий.

Правила технической эксплуатации резервуаров предусматривают зачистку их от осадков один раз в два года, а резервуаров, в которых хранится дизельное топливо - раз в год.

5.7.8. Техника безопасности и противопожарные мероприятия при использовании нефтепродуктов

Специфика работы с нефтепродуктами предъявляет особые требования к технике безопасности на участках и рабочих местах, которые определены правилами техники безопасности при транспортировке, хранении нефтепродуктов и заправке машин в сельском хозяйстве.

На всех производственных участках должны быть вывешены предупредительные надписи по технике безопасности и противопожарным мерам. В производственных и вспомогательных помещениях, где возможно выделение паров нефтепродуктов, осветительные приборы должны быть взрывобезопасного исполнения.

Запрещается наливать в резервуары легковоспламеняющиеся нефтепродукты свободнопадающей струей. Порожняя тара из под нефтепродуктов перед укладкой на длительное хранение должна быть промыта, пропарена и закрыта. Запрещается перевозить людей на транспорте, предназначенном для перевозки нефтепродуктов. Заправка автомашин должна производиться только в присутствии водителя, **при выключенном двигателе**. Тракторы и другие самоходные машины заправляют при работающем на

малых оборотах двигателя. Во время грозы и при ее приближении все сливные и наливные операции должны быть прекращены.

Все оборудование, предназначенное для операций с этилированным бензином, должно быть окрашено в яркий цвет, отличающий его от другого оборудования, и иметь крупные надписи несмываемой краской - этилированный бензин "Яд". По степени пожаровзрывобезопасности все нефтепродукты делятся на четыре класса.

К первому классу относятся автомобильные и авиационные бензины, керосин тракторный, температура вспышки паров которых не выше $+28^{\circ}\text{C}$.

Второй класс включает бензин-растворитель, дизельное топливо ДА, керосин осветительный, температура вспышки паров которых колеблется от $+28$ до 45°C .

В третий класс входят все сорта дизельного топлива ДЗ и ДА, мазуты и другие нефтепродукты, температура вспышки паров которых колеблется от $+45$ до $+120^{\circ}\text{C}$.

Четвертый класс включает все сорта масел, смазки и другие нефтепродукты, температура вспышки паров которых 120°C и выше. Нефтепродукты считаются легковоспламеняющимися, если температура вспышки их паров $+45^{\circ}\text{C}$ и ниже, и горючими, если температура вспышки паров выше 45°C .

Температурой вспышки паров называется самая низкая температура, при которой смесь паров нефтепродукта с воздухом вспыхивает от контакта с открытым огнем. Следует осторожно обращаться со всеми промасленными материалами, какими бы маслами они ни были пропитаны. Чем больше промасленного материала, чем плотнее он уложен и чем выше его начальная температура, тем больше опасность его самовозгорания. Сварщик, занятый на ремонте оборудования нефтескладов, не имеет права приступать к работе, пока не получит письменное разрешение на выполнение работ.

Для тушения всех горящих нефтепродуктов применяют химическую пену, но ее нельзя использовать для тушения пожара в местах, где имеется электрооборудование, т.к. пена является проводником электрического тока. На всех стационарных постах заправки и на МЗА должны быть углекислотные огнетушители.

Кроме этого, на стационарных постах оборудуют пожарные щиты с соответствующим оборудованием: баграми, лопатами, топором, ведрами, кошмой и т.д. У щита устанавливают ящик с мелким и сухим песком, закрытый крышкой.

Нефтепродукты, кроме огне- и взрывоопасных свойств, обладают еще и ядовитыми свойствами. Более вероятные случаи попадания парообразных нефтепродуктов в организм человека - через органы дыхания. В этом случае яды действуют почти в 20 раз быстрее и сильнее, чем яды, попавшие в организм человека другими путями. Предельно допустимая концентрация паров нефтепродуктов, мг/м³: бензин-растворитель - 300; бензин автомобильный - 100, керосин - 300. При более высоком содержании паров нефтепродуктов в воздухе вероятность отравления значительно увеличивается. Человек с нормальным обонянием ощущает запах паров бензина при концентрации их в воздухе свыше 0,03%, или около 387 мг/м³, что на 67 мг больше нормы для бензина-растворителя и на 287 мг – для автомобильного бензина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из изложенного в пособии материала видно, насколько актуальной и сложной научно-практической проблемой является обеспечение работоспособности при использовании различных средств механизации производственных процессов. Особенно это относится к мобильным машинам и агрегатам - автомобилям, тракторам, дорожным машинам. Сложность условий их эксплуатации – технологических, природно-климатических и организационных – определяют широкий диапазон изменчивости технического состояния машин во времени и пространстве. А если учитывать, что большинство мобильных машин в настоящее время работают за пределами нормативных сроков службы (свыше 8-10 лет), а инженерно-технические службы предприятий не отвечают основным требованиям, то обеспечение надежности реализации производственных процессов в сельском хозяйстве, на транспорте, в дорожном строительстве должно стать первичной народнохозяйственной проблемой. Поэтому знание теоретических и практических основ поддержания машин в работоспо-

собном состоянии или его восстановления после возникновения отказов является важнейшим условием эффективного функционирования инженерных служб. Именно они определяют в конечном итоге эффективность применения машин, полноту использования их потенциальных свойств и технико-экономическую целесообразность производства необходимой продукции.

Литература

1. Аллилуев В.А., Ананьин А.Д., Михлин В.М. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: ВО «Агропромиздат», 1991.
2. Ананьин А.Д., Михаш В.М., Габитов И.И. и др. Диагностика и техническое обслуживание машин. М.: Академия, 2008.
3. Аригин И.Н., Коновалов С.И., Баженов Ю.В. Техническая эксплуатация автомобилей. Ростов-на-Дону: Феникс, 2004.
4. Беднарский В.В. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Ростов-на-Дону: Феникс, 2005.
5. Васильев Ю.А. Обоснование и разработка эффективных систем технической диагностики для мобильных машин сельскохозяйственного назначения. Дис. ...докт. техн. наук. Челябинск, 1994.
6. Гурьянов Ю.А. Экспресс-методы и средства диагностирования агрегатов машин по параметрам масла. Дис. ...докт. техн. наук. Челябинск, 2007.
7. Иофинов С.А., Гевейлер Н.Н. Контроль работоспособности трактора. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1985.
8. Пасечников Н.С. Научные основы технического обслуживания машин в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1983.
9. Плаксин А.М. Обеспечение работоспособности машинно-тракторных агрегатов на предстоящие циклы использования в растениеводстве. Дис. ...докт. техн. наук. Челябинск, 1996.
10. Плаксин А.М. Обеспечение работоспособности машинно-тракторных агрегатов в растениеводстве. Челябинск: ЧГАУ, 1996.

11. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. М.: Транспорт, 1986.
12. Посаднев Е.К. Использование и хранение нефтепродуктов. М.: Россельхозиздат, 1987.
13. Российская энциклопедия самоходной техники: Справочник и учебное пособие для специальной отрасли (самоходные машины и механизмы) / Гл. науч. рук. В.А Зорин; в 2-х тт. М.: Просвещение, 2001.
14. Рунчев М.С., Кононенко Е.В., Шабанов Н.И. и др. Об экономии топлива и смазочных материалов. М.: Россельхозиздат, 1986.
15. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин. М.: Высшая школа, 1988.
16. Селиванов А.И., Артемьев Ю.М. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники. М.: Колос, 1978.
17. Сухов Н.Я. Исследование некоторых вопросов оптимизации периодичности технического обслуживания автомобилей. Дис. ...канд. техн. наук. Целиноград, 1968.
18. Техническая эксплуатация автомобилей / Под ред. Е.С. Кузнецова. М.: Транспорт, 1991.
19. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве / Под ред. В.И. Черноиванова. М., 2003.
20. Эксплуатация дорожных машин / Под ред. А.М. Шейнина. М.: Транспорт, 1992.
21. Юдин М.И., Стукопин М.И., Ширый О.Г. Организация ремонтно-обслуживающего производства в сельском хозяйстве. Краснодар, 2002.

