

ВВЕДЕНИЕ

Основным направлением технического прогресса промышленного производства в лесной промышленности является непрерывное повышение его энергонасыщенности.

Решающим условием интенсификации и повышения эффективности машинного производства, обеспечивающим рост производительности труда и экономии материальных ресурсов, является оптимизация функционирования РОБ отрасли. Эта система призвана обеспечить максимальную производительность используемого оборудования при минимальной себестоимости выполняемых работ.

Внедрение системы планово-предупредительного обслуживания и ремонта машин обеспечивает повышение производительности машин, улучшает их техническое состояние, сокращает производственные простои.

Однако состояние машин и оборудования зависит не только от их технического уровня и его стабильности, соблюдения правил эксплуатации, но и от организации, технологии и качества выполняемых работ при диагностировании, техническом обслуживании и ремонте.

Для этого необходима соответствующая ремонтно-обслуживающая база, оснащенная специальным оборудованием, диагностическими средствами, инструментом и оснасткой, т. е. нужна сбалансированная и управляемая система технического обслуживания и ремонта, отвечающая требованиям научно-технического прогресса отрасли.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН

1.1. Основные понятия и определения

Техническая эксплуатация машин как наука определяет пути и методы наиболее эффективного управления техническим состоянием машин в целях их высокопроизводительной и надежной работы при оптимальных материальных и трудовых затратах.

Техническая эксплуатация машин как область практической деятельности — это комплекс технических, экономических, организационных и других мероприятий, обеспечивающих поддержание машин в работоспособном, исправном состоянии, предупреждение их простоев из-за технических неисправностей.

Техническая эксплуатация включает: обкатку, техническое обслуживание, заправку, хранение, технические осмотры, диагностирование машин и предупреждение или устранение неисправностей, т. е. неплановый ремонт машин. В отличие от технической, производственная эксплуатация включает использование машин по назначению.

Обкатка. Под обкаткой понимается период работы машины после ее изготовления или ремонта при определенной увеличивающейся нагрузке в целях хорошей приработки трущихся деталей, обеспечивающей их длительной срок службы.

Техническое обслуживание — это комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности машин при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании (операции очистки, контроля или диагностирования, крепления, регулирования, смазки, замены некоторых составных частей машины).

Заправка машин включает операции заполнения ее баков, картеров и других емкостей топливом, смазочными материалами и рабочими жидкостями.

Хранение машин — содержание в местах их размещения в соответствии с установленными правилами, выполнение которых обеспечивает сохраняемость машин до использования по назначению.

Технический осмотр машин — комплекс контрольных операций, проводимых перед началом напряженных работ в целях проверки готовности машин к их использованию.

Диагностирование машин — процесс определения их технического состояния с определенной точностью.

Ремонт машин — комплекс операций по восстановлению их исправности или работоспособности, что характеризуется восстановлением ресурса составных частей.

Таким образом цель технической эксплуатации заключается в обеспечении работоспособного или исправного технического состояния машин. Обычно под техническим состоянием подразумевают совокупность изменяющихся в процессе эксплуатации свойств машины. Эти свойства характеризуют пригодность машины к использованию по назначению и определяются значениями параметров и качественными признаками, состав которых установлен технической документацией.

Условия эксплуатации со временем оказывают влияние на техническое состояние машин. Происходит механическое изнашивание трущихся деталей: абразивное, изнашивание при хрупком поверхностном разрушении, адгезионное в результате молекулярного сцепления трущихся деталей, коррозионно-механическое. В результате механического изнашивания постепенно уменьшаются размеры трущихся деталей, увеличиваются зазоры в соединениях, например в соединениях «поршень — цилиндр», радиальный зазор в подшипниках скольжения и качения.

Наблюдаются усталостные разрушения от циклического возникновения нагрузок, превышающих предел выносливости. Вследствие агрессивного воздействия среды происходит коррозионное изнашивание деталей.

Все это проявляется через параметры технического состояния (различные физические величины, характеризующие работоспособность и исправность машин), а также качественные признаки состояния.

Различают структурные и диагностические параметры, которые можно количественно измерить.

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

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

Качественные признаки технического состояния, появляющиеся в результате изнашивания, деформации, разрушения или старения де-

тали, материалов под влиянием условий эксплуатации, обычно проявляются в виде наличия течи масла, охлаждающей жидкости, определенного цвета отработавших газов, в появлении характерного шума, скрежета, специфического запаха, например горелой резины и т. п. Эти признаки не измеряют, их качественно оценивают.

Параметры технического состояния изменяются от наработки или времени работы. Отклонение структурного параметра состояния машины от номинального значения, в частности износ детали под действием конструктивно-технологических факторов, в постоянных эксплуатационных условиях характеризуется плавной монотонно возрастающей прямой, выгнутой или вогнутой кривой (рис. 1.1а). Если взять несколько однотипных машин, то получим совокупность таких кривых, отличающихся скоростью изменения параметра. Такую совокупность обычно получают в результате заводских испытаний машины при постоянном режиме.

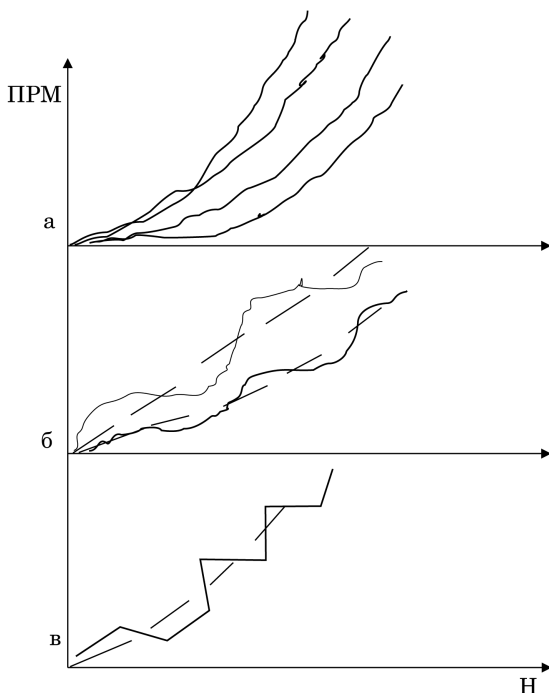


Рис. 1.1
Отклонение структурного параметра от наработки

Случайная скорость изменения параметра обусловлена неодинаковыми конструктивно-технологическими факторами у различных составных частей — технологическими рассеиванием значений твердости трущихся поверхностей, их шероховатости, установочных зазоров и т. п.

Отклонение параметра состояния под влиянием внешних эксплуатационных факторов происходит уже не по плавной, а по ломаной возрастающей кривой, причем резкое увеличение скорости изменения параметра в отдельные моменты вызвано случайными неблагоприятными условиями (большие нагрузки, запыленность воздуха, неправильное регулирование сборочных единиц, недостаточное смазывание и т. д.), с другой стороны, периодам малой скорости изменения параметра соответствуют случайные благоприятные условия работы (рис. 1.16).

Изменение во времени диагностического параметра, косвенно характеризующего отклонение одного или нескольких структурных параметров, также может быть выражено возрастающей кривой. Отличительная особенность ее заключается в относительно больших изломах (рис. 1.16) и в ряде случаев немономонном возрастании. Это объясняется влиянием на диагностический параметр других, не связанных со структурными параметрами факторов.

Такие структурные параметры, как износ, размер детали, зазор в соединении деталей, высота протектора шины и т. д., в зависимости от наработки монотонно отклоняются от нуля или номинального значения. Функция их отклонения всегда будет возрастающей. В то же время диагностические параметры — температура, шум, вибрация, расход масла и др., обнаруживая общую тенденцию к возрастанию, в отдельные моменты могут быть меньше, чем в предыдущие. В зависимости от нагрузки, скорости движения деталей, состояния смазочной системы, погрешности измерения и т. п.

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

Номинальное значение параметра Π_n — значение параметра, определенное его функциональным назначением и служащее началом отсчета отклонений. Номинальное значение наблюдается у новых и капитально отремонтированных составных частей.

Предельное значение параметра Π_p — это наибольшее или наименьшее значение, которое может иметь работоспособная составная часть машины.

Допускаемое значение параметра Π_d характеризуется граничным его значением, при котором составную часть машины допускают по-

сле контроля к эксплуатации без операций технического обслуживания или ремонта. Это значение приводят в технической документации на обслуживание и ремонт машин. При допускаемом значении параметров составная часть надежно работает до следующего планового контроля.

1.2. Классификация отказов машины и ее элементов

Отказы в зависимости от причины их возникновения делятся на две группы:

- 1) постепенные или прогнозируемые отказы;
- 2) внезапные или непрогнозируемые отказы.

Постепенные отказы возникают вследствие постепенного естественного износа деталей или постепенного изменения одного или нескольких параметров, заданных техническими условиями (повышенный расход топлива или масла, снижение мощности машины, разрегулирование механизмов и др.).

Внезапные или непрогнозируемые отказы обусловлены скачкообразным изменением одного или нескольких параметров, заданных техническими условиями, или аварийной поломкой деталей. Эти отказы возникают вследствие определенных причин: усталостного разрушения детали, поломки детали из-за внутренних дефектов (трещин, литейных раковин и др.), коробления от местных перегревов, обрыва топливо- и маслопроводов при вибрациях и т. д. Установить заранее причины таких отказов трудно, поэтому при эксплуатации машины такие отказы возникают неожиданно, внезапно и прогнозировать наработку машины до их возникновения практически невозможно.

Деление отказов на постепенные и внезапные целесообразно в том смысле, что такая классификация помогает работникам заводов промышленности и ремонтных предприятий выявлять и устранять причины появления отказов.

Важное технико-экономическое значение имеет выбор места и метода устранения отказа и восстановления работоспособности машины или ее элемента. С этой точки зрения целесообразно все отказы разделить на две категории:

- 1) эксплуатационные отказы (ЭО);
- 2) ресурсные отказы (РО).

Эксплуатационные отказы. К ним относятся такие отказы, устранение которых не связано с большим объемом разборочно-сборочных работ, не требует высокой квалификации обслуживающего персонала и сложного оборудования и сводится к замене неисправной детали (со-

пряжения) или регулировке вышедшего из строя механизма. В хозяйстве такие отказы устраняют на лесосеке или в мастерской хозяйства путем регулировки механизма или замены отказавшей детали новой. Преимуществом такого способа восстановления работоспособности машины является полное использование ресурса заменяемых деталей и сопряжений. Применительно к лесной технике типичные примеры эксплуатационных отказов: течь сальников и уплотнений, разрыв и прогорание прокладок, ослабление наружных креплений, загрязнение масляных, топливных фильтров и воздухоочистительных устройств, нарушения регулировки клапанов, системы подачи топлива, сцепления и др.

Однако не все отказы можно устранить в условиях работы. По мере старения машины в процессе эксплуатации возникают более сложные отказы, устранение которых требует большого объема разборочно-сборочных работ, специальных подъемно-транспортных устройств, обкатки собранной машины на стенде, высокой квалификации обслуживающего персонала, т. е. требует производственных условий ремонта. При восстановлении работоспособности машины, агрегата в производственных условиях экономически нецелесообразно заменять только вышедшую из строя деталь, сопряжение. В таких случаях, как правило, оценивают техническое состояние всех основных деталей и сопряжений и выбраковывают те из них, остаточный ресурс которых меньше межремонтного ресурса агрегата или узла, установленного на машину. Следовательно, при устранении такого отказа наряду с работоспособностью восстанавливают и межремонтный ресурс машины (агрегата, узла). В соответствии с результатами восстановления отказы такого рода называются ресурсными.

Следует иметь в виду, что отнесение отказа к той или другой группе зависит не только от сложности его устранения, но и от технико-организационных причин: наличие запасных частей, квалификация обслуживающего персонала, расстояние от хозяйства до ремонтного предприятия, напряженность рабочего сезона, наличие резервных машин или обменного фонда узлов и агрегатов и др.

Поэтому на практике применительно к конкретным хозяйственным условиям номенклатура эксплуатационных, а следовательно, и ресурсных отказов может меняться в некоторых пределах.

В настоящее время отказы делят на три группы в зависимости от сложности их устранения. Перечень отказов первой и второй групп сложности практически совпадает с категорией эксплуатационных отказов, а третьей группы сложности — с категорией ресурсных отказов. Ниже приведены примеры наиболее часто встречающихся отказов

трех групп сложности для тракторных двигателей. Буквами ЭО обозначены эксплуатационные отказы, а буквами РО — ресурсные.

К отказам 1-й группы сложности относятся следующие.

Прогорание, разрыв или потеря эластичности легкодоступных прокладок (выпускного коллектора, крышки колпака клапанного механизма, колпака масляного фильтра и др.) — ЭО.

Нарушение регулировки клапанного механизма — ЭО.

Забивание трубы или набивки воздухоочистителя — ЭО.

Нарушение регулировок форсунки — ЭО.

Поломка, износ или коррозия деталей подкачивающего насоса — ЭО.

Поломка деталей и забивание топливного и масляного фильтров — ЭО.

Разрушение и трещины резиновых шлангов (шланги термостата, подвода воды к радиатору и др.) — ЭО.

Разрыв или расслоение ремня вентилятора — ЭО.

К отказам 2-й группы сложности принадлежат следующие.

Износ валика и втулок коромысел клапанов — ЭО.

Износ стержней и втулок клапанов — ЭО.

Ослабление и поломка пружины клапана — ЭО.

Предельный износ клапанных гнезд и фасок клапанов — ЭО.

Прогорание прокладки головки блока — ЭО.

Трещины головки блока — ЭО.

Износ, поломка, нарушение регулировок деталей и сопряжений топливного насоса или регулятора — ЭО.

Зависание, закоксовывание иглы распылителя — ЭО.

Забивание форсунок центрифуги — ЭО.

Поломка или предельный износ деталей и сопряжений водяного насоса (подшипников, валика, уплотнений и др.) — ЭО.

Износ или поломка шкива вентилятора, крыльчатки, корпуса водяного насоса — ЭО.

К отказам третьей группы сложности относятся следующие.

Изгиб или скручивание шатунов — РО.

Предельный износ, задиры и проворачивание вкладышей коренных и шатунных подшипников коленчатого вала — РО.

Предельный износ или задиры гильз и поршней — РО.

Предельный износ шеек и кулачков распределительного вала — РО.

Разрыв шатунных болтов — РО.

Коробление гнезд коренных подшипников коленчатого вала — РО.

Предельный износ и выкрашивание зубьев распределительных шестерен — ЭО.

Как видно из перечня, отказы первой и второй групп сложности полностью совпадают с категорией эксплуатационных отказов, а третьей группы сложности — с категорией ресурсных отказов. Только один отказ третьей группы сложности можно отнести к категории эксплуатационных.

Следует иметь в виду, что классификация отказов по двум категориям — эксплуатационные и ресурсные — при составлении типовых перечней отказов по маркам машин и учете ремонтных возможностей хозяйств позволит рационально распределить объем ремонтных работ между мастерскими хозяйств и специализированными ремонтными предприятиями, уменьшить число капитальных ремонтов, обеспечить хозяйства необходимым количеством запасных частей для устранения эксплуатационных отказов и в результате этого снизить суммарную стоимость поддержания и восстановления работоспособности машин, значительно сократить время простоя машин и расход запасных частей.

Предельным состоянием называется такое техническое состояние машины или ее элементов, при котором их дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена вследствие выхода заданных характеристик работоспособности за допустимые без ремонта пределы, достижения деталями предельной величины износа, возникновения ресурсного отказа и необходимости проведения ремонта.

Работа деталей в машине сопровождается неизбежным и непрерывным во времени процессом изнашивания трущихся поверхностей. Этот процесс многие исследователи представляют в виде классической кривой износа, показанной на рисунке 1.2. Эта кривая только приблизительно описывает фактический процесс изнашивания и ее целесообразнее назвать условной, а не классической. Применительно к деталям тракторов эта кривая нуждается в коррективах.

Так, у некоторых деталей и сопряжений (сальники, подшипники качения, резиновые и пластмассовые детали и др.) полностью отсутствует зона приработки Oa , а у других — износ в период приработки настолько мал, что им можно пренебречь.

У многих основных трущихся деталей и сопряжений нет зоны форсированного износа $bв$, так как эти элементы выбраковывают не по величине их износа, а по косвенному признаку. Например, работоспособность и ресурс деталей цилиндропоршневой группы дизеля ограничены предельной величиной расхода картерного масла, а дета-

лей кривошипно-шатунного механизма — падением давления в системе смазки ниже допустимого по техническим условиям и т. д.

Зона нормальной эксплуатации детали, показанная отрезком линии ab , также условна и нуждается в пояснении.

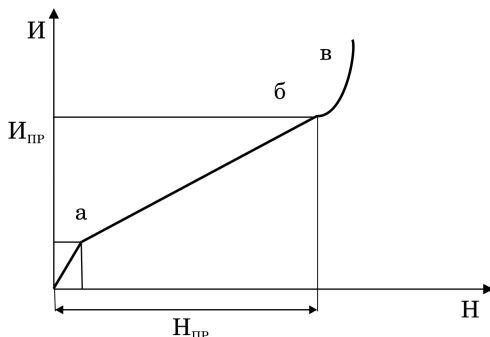


Рис. 1.2

Классическая кривая износа

В настоящее время нет практически приемлемых безразборных методов измерения величины износа деталей и скорости их изнашивания на различных участках наработки машины. Поэтому принято считать, что величина износа пропорциональна наработке H детали.

Ее можно определить по уравнению

$$I = KH^a, \quad (1.1)$$

где I — износ детали; K — коэффициент пропорциональности; a — степенной показатель, определяющий характер изменения скорости изнашивания.

Из уравнения (1.1) следует, что величина износа прямо пропорциональна наработке машины только в том случае, когда $a = 1$. Если a больше или меньше единицы, кривая износа будет соответственно монотонно возрастающей ($a > 1$) или монотонно убывающей ($a < 1$).

Постоянство показателя a на протяжении всей зоны нормальной эксплуатации возможно только в случае стендовых испытаний машины при постоянных внешних и внутренних режимах ее работы. В условиях хозяйственной эксплуатации скорость изнашивания детали, а следовательно, и ее износ зависят не столько от наработки, сколько от большого количества изменяющихся во времени эксплуатационных факторов, особенно таких, как силовой и температурный режимы работы машины, количество и длительность ее пусковых пе-

риодов, почвенно-климатических условий ее работы (засоренность и температура окружающего воздуха, рельеф и конфигурация полей и т. д.), качество эксплуатации и технического обслуживания и др. Каждый из перечисленных факторов может оказать значительное влияние на скорость изнашивания деталей, но так как периодичность и длительность их проявления носят случайный характер, контролировать и учитывать эти факторы практически невозможно. В связи с этим очевидно, что скорость изнашивания детали, а следовательно, и значения показателя a в уравнении (1.1) различны и могут иметь значительное рассеивание на разных участках наработки машины в процессе ее эксплуатации. Кроме того, вследствие приведенных выше причин предельные износы (зазоры), обуславливающие предельное состояние деталей (сопряжений), также рассеиваются в сравнительно широких границах.

Предельное состояние наступает, а ресурс детали или сопряжения ограничивается при величине износа, равной соответственно предельному износу $I_{пр}$ или предельному зазору $S_{пр}$.

Предельное состояние машины и агрегатов представляет собой важную технико-экономическую характеристику, ограничивающую долговечность машины и ее агрегата.

Предельное состояние тракторов, лесохозяйственных машин и их агрегатов определяется:

- а) потребностью машины в первом или очередном ремонте;
- б) экономической целесообразностью списания машины;
- в) моральным старением конструкции машины.

Не касаясь вопросов морального старения, необходимо заметить, что понятие «потребность в ремонте», если не оговорить все характеристики такой потребности в технической документации, может по-разному оцениваться поставщиками машин и их потребителями.

Наиболее полно предельное состояние машины (агрегата), а следовательно, и ее потребность в ремонте характеризуются появлением ресурсного отказа. Поэтому применительно к каждой новой марке машины необходимо заранее обосновать и оговорить в технической документации все те возможные отказы, которые должны быть отнесены к категории ресурсных.

В процессе эксплуатации предельное состояние машины (агрегата) наступает столько раз, сколько раз возникает ресурсный отказ и скольким ремонтам подвергается машина в течение ее полного срока службы. Полный срок службы машины ограничивается также предельным состоянием, обуславливающим экономическую целесообразность списания машины (агрегата).

1.3. Оценка качества машины и ее элементов

Качество продукции определяется как совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Применительно к новым и отремонтированным машинам их качество можно определить как совокупность свойств, обуславливающих работоспособность и надежность машины.

Работоспособность — состояние машины, при котором она способна выполнять заданные функции, сохраняя значения своих рабочих характеристик в пределах, установленных нормативно-технической документацией (техническими условиями на изготовление и ремонт машины и ее элементов).

Надежность — совокупность свойств, обуславливающих длительное сохранение работоспособного состояния машины и экономически целесообразное его восстановление.

Уровень качества новой машины или ее отдельного элемента (деталь, сопряжение, механизм, узел, агрегат) закладывается в процессе их производства, используется в процессе эксплуатации и возобновляется при ремонте.

Работоспособность и надежность новой и отремонтированной машин зависят от трех основных факторов:

- 1) конструктивного (совершенство проекта, рабочих чертежей и технических условий на изготовление и ремонт машины);
- 2) технологического (используемые материалы, качество запасных частей, виды термообработки, классы точности и т. д.);
- 3) эксплуатационного (квалификация обслуживающего персонала, почвенно-климатические и зональные особенности, наличие запасных частей и др.).

Надежность машины в соответствии с ГОСТ 13377-75 включает в себя четыре основных свойства:

- долговечность — длительность работы машины (элемента) до предельного состояния;
- безотказность — длительность непрерывной работы машины (элемента) до появления первого или очередного отказа;
- ремонтпригодность — приспособленность машины (элемента) к проведению технического обслуживания, обнаружению и устранению отказов;
- сохраняемость — свойство машины (элемента) сохранять работоспособность при хранении и транспортировке.

Долговечность и безотказность машины в процессе ее изготовления обеспечивают подбором материалов для изготовления деталей, упрочнением их трущихся поверхностей, выбором класса точности и системы допусков и посадок, подбором оптимальных сортов горючесмазочных материалов и др.

Ремонтопригодность машины обеспечивается системой конструктивных мероприятий, предусматривающих: легкость проведения разборочно-сборочных работ в процессе эксплуатации и ремонта машины; экономическую целесообразность восстановления ресурса быстро изнашивающихся деталей и сопряжений; легкость и малый объем операций технического обслуживания; высокий уровень унификации узлов и механизмов; сокращение количества и типоразмеров крепежных деталей; наличие центровых отверстий и установочных плоскостей на деталях, подлежащих ремонту, и т. п.

Для лучшей сохраняемости и приспособленности машины к транспортировке применяют стойкие антикоррозионные покрытия, специальные заглушки и пробки, предохраняющие рабочие полости машины от попадания влаги и пыли при хранении, высококачественные лакокрасочные покрытия, разгружающие и демпфирующие устройства и т. д.

Качество машины или ее элемента, а также качество технической эксплуатации и ремонта оцениваются совокупностью количественных показателей, характеризующих работоспособность и надежность машины.

1.3.1. Оценочные показатели и основы обеспечения работоспособности

Показатели назначения: номинальная мощность двигателя, тяговое усилие на всех передачах, максимальный крутящий момент на валу отбора мощности, длина тормозного пути, расход картерного масла, удельный расход топлива, грузоподъемность навесной системы, давление в гидросистеме.

Эргономические показатели: величина звукового давления и вибрации в кабине, усилие на рычагах и педалях управления, концентрация вредных примесей в атмосфере кабины, условия труда в кабине (освещение, остекление, термо- и газоизоляция и др.).

Эстетические показатели: качество окраски машины и ее элементов, наличие декоративных отделок, заводских табличек, пломб и заглушек.

Работоспособность машин в первую очередь зависит от скорости изменения параметров их технического состояния, от стабильно-

сти и продолжительности сохранения их значений в заданных допустимых пределах. Превышение хотя бы одним структурным параметром предельного значения означает нарушение исправности или работоспособности машины.

Как обеспечить высокую работоспособность машины?

При эксплуатации машины подвергаются внешнему воздействию, которые значительно изменяются при их работе в различных климатических зонах. В отдельных случаях они могут значительно превышать уровень, установленный техническими условиями, что приводит к внезапным отказам. Для их исключения необходимо учитывать внешнее воздействие при проектировании и эксплуатации. Высокая надежность обеспечит безопасность для обслуживающего персонала и окружающей среды.

Наибольшие воздействия на работоспособность машин оказывают:

- низкая и высокая температура;
- повышенная влажность среды;
- загрязненность атмосферы;
- неблагоприятные погодные условия и т. д.

При проектировании машины трудно одновременно учесть влияние всех внешних факторов, поэтому их создают, как правило, в отдельном исполнении для эксплуатации в конкретных условиях.

Для условий России наибольшее влияние на работоспособность машин оказывают низкие температуры. Это объясняется рядом явлений при этих температурах: снижение ударной вязкости металла; потеря пластичности полимерных материалов; снижение вязкости ТСМ и рабочих жидкостей; ухудшение запуска ДВС; ухудшение условий труда, а также выполнение землеройно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ. При проектировании машин для работы в условиях отрицательных температур используют стали без примесей азота и серы, которые снижают ее пластичность и повышают хладноломкость.

Особые требования, которые предъявляются при выборе ТСМ для обеспечения работоспособности ДВС и других систем машин, рассмотрены ниже. Для обеспечения требуемых эргономических свойств кабины машин оборудуют нагревательными устройствами (температура не ниже 14°C) и средствами воздухообмена.

Стекла кабин снабжают противообледенителями и отражателями.

Работоспособность машин при высоких температурах обеспечивают использованием специальных жаростойких материалов и изделий.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru