

## ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития техники особую актуальность приобретает проблема повышения эффективности технической эксплуатации машин. При проектировании новых образцов машин конструкторы стараются обеспечить минимальную потребность в техническом обслуживании при эксплуатации. Идеальной представляется такая ситуация, когда все обслуживание сводилось к уходу за внешним видом машины. Однако до такого совершенства далеко. Кроме того, существует довольно большая группа машин и установок, в которых отказы влекут за собой существенные издержки или могут привести к катастрофическим последствиям с человеческими жертвами. Это объекты авиационной техники, ракетно-космические объекты, машины и установки транспортного назначения и многое другое. В них техническое обслуживание должно обеспечиваться независимо от степени совершенства объекта эксплуатации.

В настоящее время техническое обслуживание является трудоемкой и дорогостоящей сферой деятельности. На долю технического обслуживания и ремонта самолетов приходится 25..30% общей суммы эксплуатационных расходов авиатранспортных предприятий. Финансовые затраты на промышленных предприятиях Германии составляет ежегодно от 6 до 10% от стоимости оборудования. С учетом затрат на запасные части, текущий ремонт и обслуживание эти расходы составляют четвертую часть всех затрат предприятия. Издержки на техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей составляют 14% от ежегодной суммы затрат на их приобретение, по компрессорам и кузнечно-прессовому оборудованию - 8...10%. Не меньшие затраты и в сфере обслуживания строительно-дорожных машин.

Эффективность технической эксплуатации машин зависит от многих факторов. К числу основных из них относятся: уровень конструктивно-эксплуатационных свойств (надежность и эксплуатационная технологичность), совершенство методов и средств технической эксплуатации, качество подготовки персонала, глубина проработки и научного обоснования программ технического обслуживания и ремонта и совершенство организации процесса технической эксплуатации.

Для организации технического обслуживания и эксплуатации любого технического объекта и его составных частей, в том числе и гидропривода, необходимо уметь оценивать его состояние, которое непрерывно изменяется под влиянием внешних и внутренних возмущающих факторов. Знание состояния объекта позволяет использовать его оптимальным образом, осуществлять ремонт в кратчайшие сроки и тем самым повысить долговечность.

Определением состояния технического объекта и характера его изменения во времени занимается техническая диагностика. Техническая диагностика - одно из средств определения качества машин с целью повышения их надежности. Применение диагностики необходимо для решения различных технических задач в различных условиях работы с машинами. Такими задачами могут быть:

- при эксплуатации - выявление отказов и их причин, необходимости регулировки агрегатов или их замены, необходимости отправки сборочных единиц, агрегатов и машины в целом на специализированные ремонтные предприятия для проведения текущего или капитального ремонта;

- при текущем ремонте - определение деталей и узлов, подлежащих замене, а также механизмов, подлежащих регулировке; оценка качества ремонта;

- при капитальном ремонте - оценка качества ремонта.

Диагностика позволяет на ранних стадиях обнаружить дефекты и неисправности и предупредить их развитие или устранить в процессе обслуживания

Структура технической диагностики включает в себя два взаимосвязанных направления: теорию распознавания и теорию контролеспособности. Теория распознавания, которую многие исследователи рассматривают в качестве теоретической основы для решения задач технической диагностики, используется для построения диагностических моделей объектов диагностирования, а также разработки алгоритмов распознавания и правил принятия решения.

Теория контролеспособности включает в себя разработку средств и методов получения диагностической информации, контроль технического состояния объекта и поиск неисправностей. Под контролеспособностью понимают свойство изделия обеспечивать достоверную оценку его технического состояния и обнаружение неисправностей и отказов. Контролеспособность обеспечивается конструкцией изделия и системой технического диагностирования.

Организация технической диагностики представляет собой комплекс действий, среди которых следует назвать разработку методологических основ процесса, выбор и создание технологических средств диагностики, решение организационных вопросов самого процесса.

При разработке методологических основ решаются различные задачи, в том числе:

выбор стратегии (методики) диагностики;

выбор вида информации о техническом состоянии объекта и определение достоверности такой информации;

выбор или разработка способов получения такой информации;

разработка модели оценки технического состояния (математической модели объекта);

разработка методики принятия решения.

При разработке системы диагностики могут решаться и другие задачи, связанные со спецификой рассматриваемого объекта и условий его эксплуатации: оптимизация расходов на проведение диагностических действий, необходимая степень автоматизации диагностического процесса и т.п.

Развитие диагностики гидравлических систем определяется решением следующих научных задач:

анализ условий работы гидравлической системы в реальных условиях эксплуатации с определением основных физических процессов, протекающих в элементах гидропривода, и влияния их на выходные функциональные параметры гидросистемы;

разработка и построение диагностических моделей гидросистем и отдельных функциональных участков;

разработка алгоритмов оценки технического состояния гидросистемы в период эксплуатации, при выполнении технического обслуживания и в условиях ремонтного предприятия;

разработка и внедрение устройств встроенного контроля технического состояния гидросистемы и ее компонент;

разработка инструментальных средств и методов контроля технического состояния гидросистемы в процессе технического обслуживания и ремонта;

разработка и внедрение автоматизированных средств контроля;

разработка вопросов прогнозирования динамики технического состояния агрегатов гидросистемы в процессе эксплуатации и оптимизации на этой основе периодичности и объемов регламентных работ по техническому обслуживанию.

Методологически техническая диагностика основывается на теории надежности, используя ее методы, термины и определения. Некоторые из них будут в дальнейшем использоваться в работе, в связи с чем целесообразно рассмотреть их особо.

Термины и определения, касающиеся теории надежности, регламентируются ГОСТ 13377-75.

Надежность - одно из основных свойств, определяющих качество изделия. Надежность изделия - это свойство выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Работоспособность - состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных нормативно - технической документацией.

Отказ - событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта.

По характеру изменения параметров, происходящего до момента возникновения отказов, они могут быть классифицированы на внезапный и постепенный отказы. При этом внезапный отказ возникает в результате скачкообразного изменения одного или нескольких параметров, а постепенный - в результате медленного изменения одного или нескольких параметров технического объекта.

Зачастую появление отказа какого-либо элемента связано с возникшим перед этим отказом другого элемента. Ввиду этого отказы могут быть классифицированы на независимые, возникающие самостоятельно, и зависимые, являющиеся следствием других, ранее возникших отказов.

Иногда объект после отказа какого-либо элемента еще сохраняет работоспособность и может

быть частично использован. В этом случае по возможности использования объекта различают полный отказ, до устранения которого использование объекта по его назначению становится невозможным, и частичный отказ, до устранения которого объект можно ограниченно использовать.

По характеру устранения отказы могут быть разделены на устойчивые, т.е. устраняемые лишь в результате мер, принятых для восстановления работоспособности, и самоустраняющиеся, т.е. такие, которые устраняются автоматически или произвольно.

Наличие отказа в большинстве случаев может быть обнаружено по какому-либо внешнему признаку немедленно после его появления. В этом случае отказ считается очевидным или явным. Если же по внешним признакам отказ обнаружить невозможно, его относят к скрытым или неявным.

При анализе возникших отказов прежде пытаются установить причину их возникновения; при этом отказы классифицируют на конструкционные, производственные и эксплуатационные.

Отказы могут быть классифицированы по природе происхождения. Различают естественный отказ, обусловленный естественными причинами, и искусственный, вызванный преднамеренно.

Иногда классифицируют отказы по времени их возникновения. Например, различают отказы, возникшие вследствие скрытых дефектов в процессе испытаний или приработки. Такие отказы называют приработочными.

Приведенная выше классификация отказов позволяет при анализе выяснить действительную причину отказа, понять его сущность и разработать мероприятия по его устранению.

Предельное состояние - состояние объекта, когда дальнейшая эксплуатация нецелесообразна из-за невозможности поддержания эффективной эксплуатации на допустимом уровне, сохранения условий безопасности или ремонт требует больших затрат.

При анализе надежности любой технический объект рассматривается как система, подсистема или элемент.

Система - это совокупность совместно действующих объектов, которые предназначены для самостоятельного выполнения установленного задания. Система может разделяться на подсистемы, каждая из которых предназначена для выполнения определенной части общего задания. Элемент - часть системы, предназначенная для выполнения определенной функции.

При диагностике гидропривода под системой целесообразно понимать весь гидропривод в целом. Подсистемами могут выступать такие структурные части привода, как устройства подъема и опускания груза в кранах и погрузчиках, сервоприводы управления поворотом машины, гидротрансмиссии и др. Элементами являются насосы, гидроцилиндры и другие автономные узлы гидропривода.

Основным инструментом оценки технического состояния объекта является так называемый диагностический признак. Под диагностическим признаком понимается какой-либо параметр или явление в целом, значение которого или даже наличие может использоваться для оценки технического состояния. В частности, такое явление, как посторонний шум, возникающий на некоторых режимах работы гидропривода, указывает на нарушение нормального функционирования и может квалифицироваться как отказ привода.

Наиболее простым является случай, когда показания датчика выходного параметра непосредственно, с достаточной точностью, характеризуют состояние привода и можно не учитывать влияние посторонних факторов.

Например, давление в гидросистеме позволяет судить о ее функционировании, так как падение давления ниже нормы свидетельствует о возрастании утечек или разрушении элементов, а повышение давления - о засорении или облитерации каналов распределителей, заклинивании плунжеров клапанов и т. д. Таким образом, зная функциональную связь между выходными параметрами и характеристиками состояний (неисправностями), можно создать картотеку образов изменения параметров для различных первичных неисправностей и диагностировать состояния привода. Используемые таким образом параметры называются прямыми диагностическими признаками. К ним можно отнести, кроме рассмотренного выше давления, подачу насоса, усилие на штоке гидроцилиндра, скорость движения исполнительных механизмов и другие параметры, являющиеся нормированными характеристиками объекта в соответствии с технической документацией.

Кроме прямых признаков при диагностировании используются косвенные признаки. Такие

признаки непосредственно не связаны с работоспособностью объекта, они проявляются как дополнительные при функционировании объекта. К ним, в частности, относится скорость загрязнения рабочей жидкости и т.п.

В качестве математической базы техническая диагностика использует теорию вероятности и математическую статистику, а также элементы булевой алгебры, теории графов, комбинаторики и др.

### **СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Основной задачей технической эксплуатации гидроприводов является поддержание на экономически обоснованном уровне их надежности, обеспечивающей необходимую эффективность использования и безопасность работы машин и оборудования.

Обычно используются следующие системы эксплуатации: до выработки ресурса (срока службы), до отказа и до предотказного состояния. В последнем случае устанавливается определенная норма вероятности достижения предельного состояния.

Составной частью системы технической эксплуатации является система технического обслуживания и ремонтов: техническое обслуживание по наработке (ГГПР - планово-предупредительных ремонтов) и техническое обслуживание по состоянию объекта.

Техническое обслуживание по наработке является в настоящее время основным для гидроприводов. Техническое обслуживание и ремонты проводятся в строго установленные сроки в зависимости от наработки объекта, в котором используется гидропривод. Для этого предусматривается периодический вывод из эксплуатации машины или технологического оборудования через заданные, как правило, равные промежутки времени.

В основу системы заложен принцип безопасного срока службы (ресурса), согласно которому при проектировании объекта закладывается такой уровень надежности, который бы обеспечил высокую вероятность безотказной работы до окончания срока службы или выработки ресурса (резервирование по времени). Но так как техническое состояние конкретного объекта зависит от многих случайных условий эксплуатации, вероятность безотказной работы должна быть очень большой, чтобы обеспечить самые худшие условия эксплуатации.

Такое повышение уровня надежности объектов в конечном счете выливается в увеличение массы агрегатов и стоимости. [Томимо этого можно отметить и другие недостатки системы ППР: недоиспользование технического ресурса основной массы объектов и их элементов, находящихся в эксплуатации, длительные простои машин и технологического оборудования, значительные трудозатраты, вызванные заменой агрегатов, выработавших назначенный ресурс, а также полной или частичной разборкой и дефектацией при среднем или капитальном ремонте, большие материальные затраты на приобретение обменного фонда запасных частей.

Существенным недостатком является и то обстоятельство, что неоправданные проверки агрегатов с их разборкой, сами по себе вносят изменения в их структуры, что может привести к увеличению вероятности отказов после ремонтов.

Техническое обслуживание и ремонт по состоянию объекта являются перспективной системой, позволяющей избежать недостатков, присущих системе ППР. Такая система позволяет использовать фактический запас работоспособности конкретного агрегата с учетом неизбежности отклонений конструктивных и технологических параметров в процессе производства и эксплуатации.

Техническое обслуживание и ремонт по состоянию могут быть двух видов с контролем параметров и контролем уровня надежности.

Техническое обслуживание и ремонт с контролем параметров предусматривают эксплуатацию гидропривода до предотказного состояния.

Для эффективного применения этой системы необходимо разрабатывать способы обнаружения (т.е. методы технической диагностики) неисправностей, которые ПОЗВОЛИЛИ прекратить эксплуатацию объекта при определенной высокой степени вероятности возникновения отказа. Такая ситуация может быть определена при непрерывном контроле за значениями параметров, характеризующих работоспособность объекта.

Техническое обслуживание с контролем уровня надежности предусматривает прекращение эксплуатации при возникновении отказа. При этом подразумевается, что отказ не может вызвать

катастрофических или дорогостоящих последствий. В противном случае работоспособность объекта должна быть обеспечена резервированием систем или агрегатов. Техническое обслуживание с контролем надежности требует непрерывного анализа результатов эксплуатации с целью обеспечения оперативного реагирования на появление отказа, проведение настроечных и регулировочных работ, соответствующего ремонта или замены агрегатов и т.д. Для этого должны быть спланированы и осуществлены мероприятия по созданию необходимых условий для ремонта: созданы производственные предприятия по ремонту, обеспечен запас запасных частей и т.п.

### ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ГИДРОПРИВОДА

Эксплуатационная технологичность - это приспособленность гидропривода к быстрому и эффективному выполнению работ по техническому обслуживанию и ремонту в реальных условиях эксплуатации. Требования к гидрооборудованию, обеспечивающие

эксплуатационную технологичность, зависят во многом от условий применения гидропривода. Общие требования эксплуатационной технологичности следующие [1]:

конструкция гидропривода должна обеспечивать возможность обнаружения внешней негерметичности без проведения демонтажных работ;

определение внутренней негерметичности должно проводиться без демонтажа агрегатов, к трубопроводам должен быть обеспечен свободный доступ для проверки их состояния и замены;

гидробаки должны быть легко доступными и съемными;

фильтры гидросистемы и баков должны быть легко доступными для замены;

насосы, гидродвигатели и другие агрегаты должны устанавливаться так, чтобы обеспечить легкий демонтаж;

должна быть обеспечена возможность контроля параметров, характеризующих работоспособность гидропривода;

при демонтаже агрегатов необходимо обеспечить отсутствие протечек рабочей жидкости,

должна быть предусмотрена унификация гидроагрегатов со сравнительно небольшим назначенным ресурсом.

Эксплуатационная технологичность характеризуется обобщенными и единичными количественными показателями. Группа обобщенных показателей характеризует свойства конструкции в целом и определяется суммарными затратами времени, труда и средств на техническое обслуживание, ремонт, профилактические работы и т.д., т.е. показателями периода пребывания технологического оборудования и машин в неработоспособном состоянии за определенное время эксплуатации.

Одним из обобщенных показателей эксплуатационной технологичности является коэффициент готовности, который определяется как вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени. При экспоненциальном законе распределения отказов объекта коэффициент готовности определяется выражением

$$K_r = T_o / (T_o + T_B), \quad (1.1)$$

где  $T_o$  - наработка на отказ,  $T_B$  - среднее время восстановления после отказа.

Единичные показатели характеризуют технические свойства конструкции гидропривода в целом и его функциональных элементов. Их определяют на основе специальных исследований и данных, полученных в процессе эксплуатации. К числу единичных показателей относятся коэффициенты доступности  $K_d$ , легкосъемность  $K_n$ , взаимозаменяемости  $K_v$ , контролепригодности  $K_k$ , унификации и стандартизации  $K_u$ . Коэффициент доступности

$$K_d = T_M / (T_{осн} + T_{доп}), \quad (1.2)$$

где  $T_M$  — трудоемкость выполнения работы в условиях ремонтного предприятия, чел.-ч;  $T_{осн}$  - трудоемкость выполнения работы непосредственно на месте эксплуатации, чел.-ч;  $T_{доп}$  - трудоемкость дополнительных работ (снятие и установка крышек, люков, демонтаж рядом установленного оборудования, не подлежащего ремонту и т.д.), чел.-ч.

Легкосъемность агрегатов характеризуется коэффициентом

$$K_N = 1 - \Delta T_{д.м.} / T_{д.м.}, \quad (1.3)$$

где  $\Delta T_{д.м.}$  - превышение трудоемкости лемонтажно-монтажных работ по сравнению с нормированным значением  $T_{дд}$ , приведенным в нормативно-технической документация или принятым по аналогии с подобным изделием.

Коэффициент "

$$K_B = 1 - T_{п.д.} / (T_{п.д.} + T_{д.м.}), \quad (1.4)$$

где  $T_{п.д.}$  - трудоемкость подгоночных и проверочно-регулирующих работ при замене агрегата, чел.-ч.

Коэффициент контролепригодности

$$K_K = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{n_T} T_j \cdot k_j}{\sum_{i=1}^{n_H} T_i \cdot k_i + \sum_{j=1}^{n_T} T_j \cdot k_j}, \quad (1.5)$$

где  $T_i$  - трудоемкость контроля  $i$ -го агрегата, не требующего демонтажа;  $T_j$  - трудоемкость контроля  $j$ -го агрегата, требующего демонтажа;  $k_i$  и  $k_j$  - частота контроля агрегатов (в течение межремонтного периода), не требующих и требующих демонтажа соответственно;  $n_T$  и  $n_H$  - число агрегатов, требующих и не требующих демонтажа для контроля соответственно.

Уровень унификации и стандартизации оценивают коэффициентом

$$K_U = N_U / (N_{H.U.} + N_U), \quad (1.6)$$

где  $N_U$  - число унифицированных деталей и узлов в гидроприводе;  $N_{H.U.}$  - число не унифицированных деталей и узлов.

### 1.3. Планирование технического обслуживания и ремонтов

Планирование технического обслуживания и ремонтов заключается в выборе таких периодов времени между техническим обслуживанием и ремонтами и определении такого объема ремонтных и профилактических работ, которые бы позволили эксплуатировать объект с максимальной эффективностью. При планировании технического обслуживания приходится учитывать два противоречивых обстоятельства. С одной стороны, межремонтный период должен быть как можно большим, чтобы не прерывать эксплуатацию машины, а с другой стороны, при его увеличении возрастает опасность отказов и уменьшение общего ресурса [3].

При принятой системе планов о-предупредительно го обслуживания и ремонта предусматриваются периодические остановки машины через заданные, как правило, равные промежутки времени. Объемы профилактических к ремонтных работ и соответственно длительность простоя машины на техобслуживании и в ремонте неодинаковы, так как техническое состояние за период эксплуатации изменяется по-разному. В зависимости от различных условий эксплуатации наработки до отказа узлов и деталей гидропривода изменяются в широких пределах.

Современные технические возможности позволяют осуществить ремонт и восстановить утраченную работоспособность для любых отказов машин (кроме разрушения машины в результате катастрофы). Однако зачастую такие действия экономически неэффективны. Не следует забывать и о том, что вследствие специфики производства гидроприводов (наличие прецизионных деталей, использование селективной сборки и т.п.) в условиях ремонтных предприятий не всегда удается достигнуть первоначального уровня надежности.

Гидропривод является частью машины, поэтому систему обслуживания и ремонта гидропривода планируют с учетом периодичности ремонтов машины в целом. С другой стороны, система обслуживания и ремонта машины должна учитывать вероятность отказов гидропривода,

В промежутках между периодическими ремонтами выполняется межремонтное обслуживание для предупреждения отказов и ликвидации их последствий. Межремонтное обслуживание включает в себя периодические, заранее планируемые осмотры, при которых производят профилактические мероприятия, диагностику системы и узлов и необходимый нетрудоемкий ремонт.

Кроме того, поскольку существует вероятность отказов элементов в любой момент времени, производится межремонтное обслуживание по потребности. Такой вид технического обслуживания

ния применяется при заранее предусмотренном методе эксплуатации до отказа или при отказах, возникших в межремонтный период эксплуатации.

Таким образом, системой технического обслуживания и ремонтов предусматривается такой комплекс мероприятий, который должен обеспечить поддержание и восстановление работоспособности машины. Основной задачей, которая возникает при разработке такой системы, является рациональное распределение объемов ремонтных работ и назначение их периодичности таким образом, чтобы обеспечить требования надежности с минимальными затратами времени и средств на ремонт машины. Периодичность  $T_{\text{р}}$  ремонта машины определяется содержанием ремонтных работ и сроком службы детали или узла. Однако решение о включении данной детали или узла в тот или иной вид ремонта осложняется тем, что имеет место рассеяние действительных сроков службы. Ошибочное решение может привести к недоиспользованию потенциального срока службы детали или узла или к возрастанию вероятности отказа в межремонтный период. На рис. 1.1 показана кривая плотности вероятности отказа технического объекта. Действительный средний срок службы  $T_{\text{ср}}$  здесь определен как время, соответствующее максимуму кривой, т. е. максимальной вероятности выхода из строя данного объекта. Весь срок службы может быть разделен на  $k$  участков, по числу межремонтных периодов  $T_{\text{л}}$ , при этом назначенный фактический срок службы  $T_{\text{ф}} = k T_{\text{л}}$ . В зависимости от величины рассеяния сроков службы деталей при среднем сроке службы  $T_{\text{ср}}$  больше, чем период времени до  $n$ -го планового ремонта ( $T_{\text{ср}} > n T_{\text{л}}$ ), возможны следующие варианты назначения  $T_{\text{л}}$  и соответственно планы ремонтных работ.

1. Ремонт деталей и узлов осуществляется при  $n$ -м плановом ремонте, т.е. назначается  $T_{\text{ф1}} = n T_{\text{л}}$  плановом

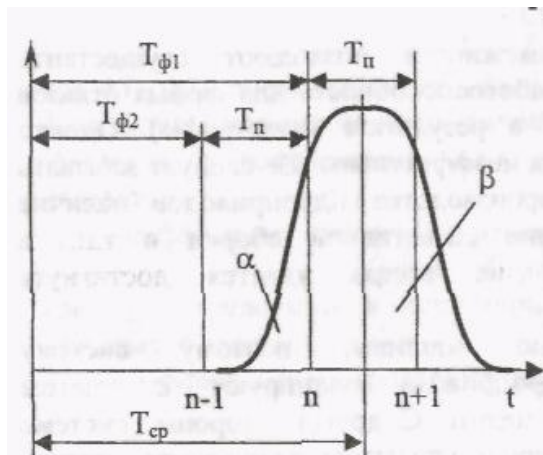


Рис. 1.1. Распределение времени ремонтов

При этом имеет место некоторая вероятность отказа детали до наступления  $n$ -го ремонта. Если отказ наступил до планового ремонта, то деталь ремонтируется или заменяется при межремонтном обслуживании. Такой вариант ремонта целесообразен, если вероятность  $\alpha$  отказа невелика, а вероятность безотказной работы  $P(t)$  находится в пределах заданных норм

$$P(t) = \beta = 1 - \alpha \geq P_{\text{норм}}(t).$$

2. Ремонт детали осуществляется при  $(n-1)$ -м плановом ремонте, т.е.

$T_{\text{ф2}} = (n-1) T_{\text{л}}$ . В этом случае обеспечивается высокая безотказность работы машины, так как  $T_{\text{ф2}} < T_{\text{ср}}$ , в то же время назначенный срок службы сокращается и недоиспользуется полностью потенциальная надежность машины.

3. При  $(n-1)$ -м ремонте производится контроль степени повреждения деталей и дается заключение о возможности ее работы в последующий межремонтный период. В зависимости от результата обследования ремонт производится при  $(n-1)$ -м или при  $n$ -м ремонте. Этот вариант ремонта обеспечивает наибольшее использование потенциального срока службы с одновременной гарантией высокой безотказности работы машины. Однако он требует дополнительных затрат на диагностику, выявление причин потерь работоспособности и наличия методов и средств для обнаружения и установления степени повреждения деталей.

Вариант технического обслуживания выбирают на основании анализа затрат на ремонт и



требований надежности.

Периодичность плановых ремонтов можно определить двумя способами: на основании минимума стоимости восстановления и максимума вероятности безотказной работы.

По первому способу периодичность плановых ремонтов определяют следующим образом. Исходными данными являются: средние затраты на восстановление после отказа  $C_0$ , средние затраты на плановое восстановление  $C_n$ , функция распределения отказов  $\omega(T_n)$ . Если произошел отказ в межремонтный период, то выполняется внеочередное восстановление.

Средние затраты на восстановление:

$$C = C_n + \omega(T_n) \cdot C_0. \quad (1.7)$$

Удельные затраты на восстановление:

$$c = [C_n + \omega(T_n) \cdot C_0] / T_n. \quad (1.8)$$

Величину межремонтного периода  $T_n$ , соответствующего минимальным удельным затратам, можно получить, продифференцировав уравнение (1.8) и приравняв нулю производную  $\partial c / \partial T_n$ :

$$(\partial c / \partial T_n) \cdot T_n - \omega(T_n) = C_0 / C_n. \quad (1.9)$$

Для определения периода планового восстановления необходимо знать закон распределения отказов  $\omega(T_n)$ , который может быть получен статистической обработкой данных эксплуатации машины, т.е. этот метод может быть использован для корректировки принятой системы ремонтов с целью большей ее эффективности.

При больших  $T_n$  система планово-предупредительных ремонтов вырождается в систему ремонта по отказу, так как доля плановых восстановлений стремится к нулю.

По второму способу (максимуму обобщенной вероятности безотказной работы) период восстановления определяется следующим образом.

В зависимости от характера неисправности надежность эксплуатируемого объекта, определяемая через вероятность безотказной работы  $P()$ , может изменяться по-разному. Неисправность может вызвать отказ объекта (случай I) или привести его в состояние, приближающееся к предельному (случай II). В первом случае вероятность безотказной работы  $P(t)$  резко снижается

$$P(t) = P - \Delta P_0. \quad (1.10)$$

Во втором случае после появления неисправности в момент времени  $t_0$  вероятность безотказной работы  $P(t)$  может скачком уменьшиться на величину  $\Delta P_0$ , а затем монотонно снижаться по некоторому закону

$$P(t) = P - \Delta P_0 - \omega(t). \quad (1.11)$$

Отказ возникает в момент времени, когда вероятность безотказной работы становится равной критической величине  $P_{кр}$ , определяемой вероятностью безотказной работы при предельном состоянии объекта. При этом

$$P(t_{от}) = P_{кр} = P - \Delta P_0 - \omega(t_{от}). \quad (1.12)$$

Большое количество неисправностей может быть устранено только при остановке машины. При этом коэффициент готовности  $K_g$  уменьшается. Введем обобщенный показатель надежности  $P_0$ , отражающий характер процесса устранения неисправности. Задача заключается в том, чтобы определить условия, при которых показатель  $P_0$  был бы максимальным. Одним из таких условий является допустимое время  $T_n$  пребывания машины в нерабочем состоянии.

Положим, что на устранение неисправности сразу же после ее появления затрачивается время  $t_n$ , в течение которого машина снимается с эксплуатации, а при устранении неисправности во время очередного технического обслуживания машины потребует время на восстановление  $T_n$ , где  $\beta$  - постоянный коэффициент. На рис. 1.2 показан характер изменения  $P(t)$  и  $K_g$  на интервале  $(0, T_n)$  при устранении неисправности сразу же после ее проявления в момент времени  $t_0$  (рис. 1.2,а) и через некоторый промежуток времени (рис. 1.2,б).



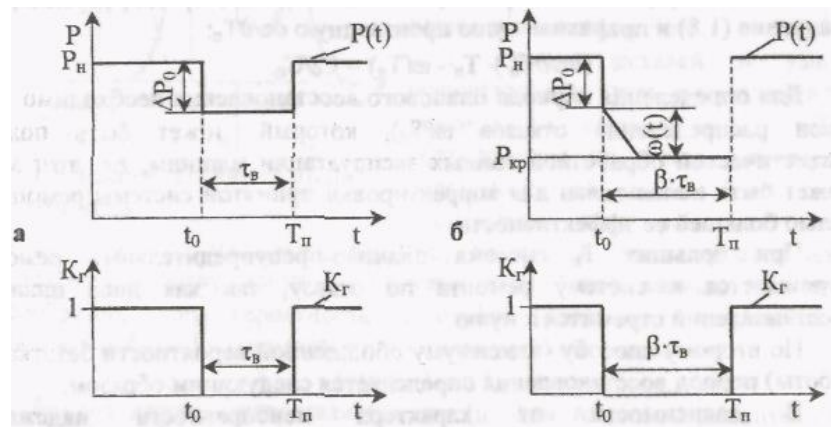


Рис. 1.2. Изменение  $P(t)$  и  $K_r$  в зависимости от вида ремонта Средний за указанный интервал времени коэффициент готовности  $K$ , для первого и второго случаев

$$K_r = 1 - \tau_{\text{в}} / T_{\text{п}},$$

$$K_r = 1 - \beta \cdot \tau_{\text{в}} / T_{\text{п}}.$$
(1.14)

Линеаризуя изменение вероятности безотказной работы  $P(t)$  на интервале  $(t_0, T_{\text{п}})$ , положим  $a(1) = at$ . Изменение вероятности безотказной работы на интервале  $(0, T_{\text{п}})$  будет определяться выражением

$$P(t) = P - \Delta P_0 - a \cdot t.$$
(1.15)

На интервале  $(0, T_{\text{п}} - \tau_{\text{в}})$  среднее значение

$$P_{\text{ср}} = P - \Delta P_0 - a \cdot (T_{\text{п}} - \beta \cdot \tau_{\text{в}}) / 2.$$
(1.16)

Среднее значение обобщенного показателя надежности на интервале  $(0, T_{\text{п}})$  для первого и второго случаев

$$P_{01} = (1 - \tau_{\text{в}} / T_{\text{п}}) \cdot P,$$

$$P_{02} = (1 - \beta \cdot \tau_{\text{в}} / T_{\text{п}}) [P - \Delta P_0 - a \cdot (T_{\text{п}} - \beta \cdot \tau_{\text{в}}) / 2].$$
(1.18)

Предельно допустимое время устранения неисправностей определяется из условия  $P(j) = P_{\text{ог}}$  при котором нет потери надежности. Раскрыв последнее выражение, получим

$$(1 - \tau_{\text{в}} / T_{\text{п}}) \cdot P = (1 - \beta \cdot \tau_{\text{в}} / T_{\text{п}}) [P - \Delta P_0 - a \cdot (T_{\text{п}} - \beta \cdot \tau_{\text{в}}) / 2].$$
(1.19)

Данное выражение позволяет при известных значениях  $P$ ,  $\tau_{\text{в}}$  на рассчитать время ремонта  $T_{\text{п}}$ . Для случая  $a = 0$ , когда после возникновения неисправности величина безотказной работы уменьшается на величину  $\Delta P_0$  и далее остается постоянной, уравнение (1.18) упрощается

$$(1 - \beta) \cdot \tau_{\text{в}} \cdot P / T_{\text{п}} = (1 - \beta \cdot \tau_{\text{в}} / T_{\text{п}}) \cdot \Delta P_0.$$
(1.20)

Из последнего уравнения определяется периодичность ремонтов

$$T_{\text{п}} = \tau_{\text{в}} \cdot [\beta + (1 - \beta) \cdot P / \Delta P_0].$$
(1.21)

Из выражения (1.20) следует, что при  $\Delta P_0 = 0$ , когда неисправность не снижает надежность,  $T_{\text{п}} > 0$ . Следовательно, такие неисправности можно устранять в любое удобное время.

### ПЛАНИРОВАНИЕ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ РЕМОНТА ГИДРОПРИВОДА

На трудоемкость и продолжительность ремонта большое влияние оказывает возможность быстрой замены поврежденного узла или детали гидропривода и восстановление за счет этого утраченной работоспособности. Обычно для эксплуатации гидропривода предусматриваются запасные части, номенклатура которых должна отражать характер типичных повреждений, возникающих в приводе, а их количество соответствовать потребности, исходя из сроков службы и методов ремонта.

Наличие запасных частей значительно сокращает время и стоимость ремонта и, как правило, позволяет полностью восстановить утраченную работоспособность, поскольку эти детали изготавливаются в тех же условиях, что и установленные в приводе, и обладают необходимыми показателями надежности. Это дает большой экономический эффект, увеличивает межремонтный период и способствует эксплуатации машин в различных условиях. При отсутствии запасных частей приходится ремонтировать вышедшие из строя узлы и детали в условиях обслуживающего предприятия, что отрицательно сказывается на их надежности и, соответственно, на надежности гидропривода и всей машины.

Правильное планирование необходимого количества запасных частей является сложной задачей.

Во-первых, не всегда можно установить номенклатуру потенциально ненадежных частей на стадии проектирования новой машины. Отсутствие данных о скорости изнашивания, интенсивности отказов и сроках службы, недостаточная информация об эксплуатации прототипов или аналогичных устройств, неточность методов расчета сроков службы приводят к тому, что конструктор может устанавливать перечень запасных деталей лишь с грубым приближением.

Во-вторых, при определении потребности в запасных частях на весь период эксплуатации машин не всегда известны спектры предполагаемых или имеющих место эксплуатационных нагрузок и условий работы и ремонта. Поэтому часто трудно оценить даже средние значения сроков службы и по ним потребность в объеме запасных частей.

Задача выбора номенклатуры запасных частей решается также с учетом технологии восстановления и ремонта. Состав запасных элементов зависит от принятой диагностики отказов, потоков отказов и структуру ремонтных предприятий.

Кроме удобства демонтажа и установки заменяемой части необходимо, чтобы она была как можно меньшей по массе и простой конструктивно. Это достигается применением специальных конструктивных решений, которые упрощают и удешевляют ремонт и эксплуатацию машины, а также производство запасных частей. Иначе говоря, конструкция узлов гидропривода должна удовлетворять требованиям ремонтпригодности.

Количество или норму расхода запасных частей определяют с учетом срока службы машины или оборудования, в которых используется гидропривод. При определении норм расхода запасных частей предполагают, что номенклатура их известна, а количество находят для каждого типа элементов.

Пусть средний ресурс машины  $T_{р.ср}$  на оси времени (рис.1.3) отображается отрезком ОА. Отрезок 0-1 соответствует ресурсу  $T_H$  до первой замены элемента.

В точке 2 произойдет вторая замена, тогда отрезок 1-2 будет соответствовать ресурсу  $T_3$  запасного элемента, при этом  $T_3 = 5 \cdot T_H$ , где 5 - коэффициент восстановления ресурса, который определяется по результатам эксплуатации подобных элементов. Для оценочных расчетов  $5 = 0,3 \dots 0,8$ . В точке 3 производится третья замена.

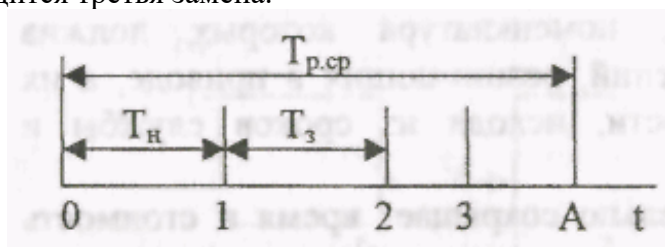


Рис.1.3. Распределение времени замен запасных частей

Таким образом, общее количество необходимых запасных частей  $z$  на одну машину за срок службы до списания определится соотношением

$$z = (T_{р.ср} - T_H) / T_3^* \quad (1.22)$$

Если имеет место  $n$  однотипных элементов, то на один год для  $N$  машин потребуется

$$z = \frac{n \cdot N}{t_a} \cdot \left( \frac{T_{p,sp} - T_H}{T_3} \right) = \frac{n \cdot N}{\delta \cdot t_a} \cdot \left( \frac{T_{p,sp}}{T_H} - 1 \right) \quad (1-23)$$

запасных элемент.

Приведенная формула не учитывает то обстоятельство, что средний ресурс у отдельных образцов машины не одинаков. Этот показатель является случайной величиной, характеризующейся математическим ожиданием и дисперсией.

Учет влияния случайного характера процесса эксплуатации на расчет количества запасных частей может быть произведен следующим образом.

Пусть известны средний ресурс до первой замены конкретного элемента  $T_H$  среднее квадратичное отклонение ресурса как новых, так и замененных элементов  $\sigma_m$  и коэффициент восстановления ресурса  $\delta$ . К моменту первой замены средний ресурс составит  $T_1 = T_H$ , к моменту второй замены  $T_2 = T_H + T_3 = T_H(1 + \delta)$ , к моменту  $i$ -той замены -  $T_i = T_H[1 + \delta(1 + \delta + \dots + \delta^{i-1})]$  и т.д.. Вероятность отказа элемента при каждой замене

$$Q_i(T_i) = \Phi \left\{ \frac{T_{p,sp} - T_H[1 + \delta(i-1)]}{\sigma_T \sqrt{i}} \right\}, \quad (1.24)$$

где  $\Phi$  - функция Лапласа.

Общее число замен элементов (число запасных частей), необходимое для одной машины на весь срок эксплуатации  $T_{итр}$ ,

$$z = \sum_{i=1}^m Q_i(T_i), \quad (1-25)$$

где  $m$  — максимальное число замен.

### УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ГИДРОПРИВОДОВ

Гидравлическое оборудование, устанавливаемое на строительных, дорожных и других мобильных машинах с объемным гидроприводом, эксплуатируется на открытом воздухе при широком диапазоне изменения температуры в условиях, характеризующихся повышенной пыленностью воздуха, частными кратковременными перегрузками и вибрацией. Режимы работы гидроприводов определяются величиной и интенсивностью внешней нагрузки в процессе выполнения рабочего цикла, например, копания и выгрузки грунта, подъема груза, поворота платформы и другими факторами [3].

Параметры гидравлического оборудования в процессе эксплуатации и хранения на открытом воздухе могут изменяться в пределах норм, установленных технической документацией. Мобильные машины и промышленное оборудование с гидроприводом, предназначенные для эксплуатации и хранения в условиях, установленных ГОСТ 15150-69 "Машины, приборы и другие технические изделия для различных климатических районов", должны быть работоспособны при рабочих значениях климатических факторов внешней среды в интервале изменения температуры окружающего воздуха:

от -45 до +40°C в районах с умеренным климатом (климатическое исполнение У);

от -60 до +45°C в районах с умеренным и холодным климатом (климатическое исполнение УХЛ);

от -10 до +45°C в районах с тропическим или влажным климатом (климатическое исполнение ТВ) или с сухим тропическим климатом (исполнение ТС).

Многолетний опыт эксплуатации большей о количества строительных и дорожных машин с объемным гидроприводом и анализ влияния условий эксплуатации на надежность объемного гидропривода показали, что основными факторами являются: климатические условия, эксплуатационные свойства и степень чистоты рабочих жидкостей, а также уровень технического обслуживания машин.

Применение в гидроприводах строительных и дорожных машин конструктивно сложного гидравлического оборудования с прецизионными парами трения вызывает повышенные требова-

ния к его эксплуатации и техническому обслуживанию. Несоответствие условий эксплуатации и предъявляемых требований приводит к нарушению работоспособности гидрооборудования, снижению надежности и производительности машин с объемным гидроприводом, а иногда, и к отказу.

Поэтому соблюдение требований по эксплуатации машин, качественное, полное и своевременное проведение технического обслуживания, своевременная замена изношенных деталей, исключение перегрузок и соблюдение скоростного режима работы машины являются важными условиями уменьшения износа и повышения ресурса работы гидрооборудования. Особенно важными являются соблюдение рекомендаций заводов-изготовителей машин по обеспечению своевременной смазки ■фующихся деталей машин (режимы смазки, марки масел и рабочих жидкостей).

Своевременное устранение обнаруженных дефектов, замена и ремонт изношенных деталей устраняют прогрессивный износ деталей машин.

Наблюдения за эксплуатацией землеройно-транспортных и других строительных и дорожных машин показывают, что значительное количество отказов возникает из-за несоблюдения правил эксплуатации и неудовлетворительного технического обслуживания; иногда машины поступают в ремонт, не выполнив предусмотренной нормативами показателей выработки.

Правильная организация технического обслуживания и качественное его выполнение существенно уменьшают простои машин из-за неисправностей и позволяют снизить затраты на их эксплуатацию и ремонт.

### **ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Техническое обслуживание представляет собой регламентированный, регулярно проводимый комплекс профилактических мероприятий, обеспечивающих исправность машины при ее эксплуатации. Оно проводится с целью предотвращения преждевременного изнашивания деталей на минимально возможном уровне путем своевременного предупреждения появления возможных неисправностей и устранения дефектов.

Одним из основных условий улучшения использования мобильных машин и увеличения срока их службы является своевременное и качественное проведение всех видов технического обслуживания и ремонта на базе системы планово-предупредительного ремонта (111IV). По этой системе машины останавливаются для ремонта по заранее разработанному плану, когда они находятся еще в работоспособном состоянии. Система план о во-предупредительного ремонта позволяет устранить элементы случайности в работе машин, внезапные отказы и позволяет осуществлять ремонтные работы по плану.

Система планово-предупредительного ремонта машин характеризуется следующими основными положениями:

- постоянное поддержание парка машин в работоспособном состоянии позволяет максимально сократить простои машин вследствие аварийного износа;

- каждый периодический ремонт выполняется в объеме (устанавливаемом осмотром), который восстанавливает техническое состояние машины, изменившееся в результате эксплуатации за период, предшествующий ремонту; он должен обеспечить нормальную эксплуатацию машин до следующего ремонта;

- планирование ремонта машин и контроль за его выполнением основываются на примерных объемах ремонтных работ, выполнение которых восстанавливает техническое состояние машины.

Техническое обслуживание является неотъемлемой частью системы планово-предупредительного ремонта машин, которая должна связывать в один комплекс выполнение технических обслуживании и ремонтов.

Для правильной эксплуатации гидрооборудования и машин с гидроприводом, а также содержания их в исправном состоянии необходимы специальные знания и высокая квалификация не только машинистов, но и всего персонала, занимающегося техническим обслуживанием машин.

Техническое обслуживание машин с гидроприводом должно быть организовано в соответствии с современными требованиями. Основными мероприятиями, позволяющими повысить уровень технического обслуживания машин с гидроприводом, являются:

- организация специального обучения машинистов в профессионально-технических училищах по устройству и эксплуатации гидравлического оборудования, получение практических навыков

по управлению машинами и их обслуживанию;

ознакомление машинистов на заводе-изготовителе с новой машиной, получение практических навыков по управлению и обслуживанию;

изучение опыта работы машинистов-передовиков производства по обеспечению работоспособного состояния и безотказной эксплуатации машины в течение длительного срока;

тщательное соблюдение технических требований и периодов технического обслуживания и ремонта;

своевременное оформление заявок и обеспечение парка машин необходимыми рабочими жидкостями, запасными частями, инструментом, приборами контроля и технической диагностики за состоянием работы гидроборудования;

создание ремонтных мастерских, оснащенных современным оборудованием для технического обслуживания машин, на которых одновременно с образцовым техническим обслуживанием и ремонтом должен быть организован постоянный учет фактического объема работы, выполненного машиной.

Выполнение рекомендуемых мероприятий повысит эксплуатационную надежность и эффективность работы машин с гидроприводом.

### **ПУСК В РАБОТУ ГИДРОПРИВОДОВ**

Эксплуатация гидропривода начинается с подготовки к пуску в работу, важной частью которой является расконсервация узлов и деталей.

Консервации, т.е. осуществлению противокоррозионной защиты на период транспортировки и временного хранения до ввода в эксплуатацию, подвергается все гидравлическое оборудование и гидроприводы. В эксплуатационной документации на гидравлическое оборудование и гидроприводы указываются дата консервации, материалы, применяемые для консервации, условия хранения и срок защиты без переконсервации.

Гидроприводы и гидравлическое оборудование, поставляемое для ремонта, по конструктивным особенностям, определяющим методы упаковки и временной защиты от коррозии, относятся к группе П-2 (ГОСТ 9.014-78), в которую входят изделия, у которых поверхности, подлежащие консервации, при эксплуатации работают в контакте с маслом или другими технологическими жидкостями,

Упаковка гидроприводов и гидрооборудования, а также транспортная тара должны обеспечивать защиту поверхности изделия от климатических факторов внешней среды. Установлены следующие категории упаковки (КУ) для гидроприводов и гидрооборудования (ГОСТ 23170-78Е):

КУ-1 - для защиты от прямого попадания атмосферных осадков, брызг воды и солнечной ультрафиолетовой радиации, ограничения проникновения пыли, песка, аэрозолей. Применяется для защиты наружных поверхностей;

КУ-2 - для защиты от проникновения атмосферных осадков, брызг воды и солнечной ультрафиолетовой радиации, пыли, песка, аэрозолей. Применяется для защиты внутренних поверхностей;

КУ-3 - то же, что и КУ-2, но дополнительно ограничивается проникновение водяных паров и газов. Применяется для защиты внутренних поверхностей изделий, поставляемых в районы с тропическим климатом;

КУ-0 - для защиты изделий, не имеющих упаковки. Защищаются только отдельные места (штоки гидроцилиндров, валы, хвостовики распределителей и т.п.).

Для защиты от коррозии внутренних полостей гидрооборудования и гидроприводов применяют рабочие жидкости или консервационные масла с вариантами временной противокоррозионной защиты по ГОСТ 9.014-78. Применяющиеся в гидромашиностроении варианты защиты приведены в таблице 1.1.



Таблица 1.1

Варианты временной противокоррозионной защиты		
Вариант защиты	Характеристика варианта защиты	Средства временной защиты
ВЗ-1	Защита консервационными маслами изделий из черных и цветных металлов.	1. Консервационное масло К-17. 2. Консервационное масло НГ-203 марок А, Б, В (марка В для внутренних поверхностей). 3. Рабочие жидкости с антикоррозионными присадками. 4. Консервационное масло НГ-208.
ВЗ-2	Защита рабоче-консервационными маслами изделий из черных и цветных металлов.	Рабочие жидкости с антикоррозионными присадками.
ВЗ-4	Защита консервационными смазками изделий из черных и цветных металлов.	Пластическая смазка ПВК.
ВЗ-10	Защита с помощью статического осушения воздухом изделий из черных и цветных металлов	Силикагель технический в изолированном объеме изделий или в упаковке.
ВЗ-14	Защита летучими ингибиторами от коррозии изделий из черных металлов.	Ингибированные бумаги марок НДА и УНИ.
ВЗ-15	Защита летучими ингибиторами от коррозии изделий из черных и цветных металлов.	Ингибированная бумага марки МБГИ.

Варианты внутренней упаковки изделий регламентируются ГОСТ 9.014-78. Ниже приведены варианты, используемые для упаковки элементов гидропривода.

ВУ-1. Упаковка изделия осуществляется в упаковочный материал на основе бумаги или ткани с ограниченной во влагопроницаемостью. Упаковочный материал применяется в виде листов, пакетов, мешков с последующим креплением (по необходимости) клеем, клеевыми лентами, Шпагатом и т.п. В качестве упаковочного материала используют парафинированную бумагу, двухслойную упаковочную бумагу, пропитанную парафином, конденсаторную бумагу, упаковочную битумированную и дегтевую бумагу, оберточную бумагу, пропитанную средствами временной противокоррозионной защиты, льняную упаковочную ткань, пропитанную консервационным маслом или смазкой и т.п. Перечисленные упаковочные средства имеют условное обозначение УМ-1.

ВУ-2. Упаковка изделия осуществляется в упаковочный материал УМ-1 с дополнительным водонепроницаемым покрытием.

ВУ-3. Вначале упаковку изделия осуществляют по варианту ВУ-1. Затем дополнительно изделие упаковывают (без герметизации) в водонепроницаемый маслостойкий материал с паропрооницаемостью не более  $0,5 \text{ г/м}^2\text{-сут}$  при  $20^\circ\text{C}$  относительной влажностью воздуха 100%. В качестве дополнительного упаковочного материала применяют полиэтиленовую пленку толщиной не менее 0,15 мм и другие материалы с указанной паропрооницаемостью.

ВУ-4. Отличается от варианта ВУ-3 тем, что дополнительный



упаковочный материал имеет паропроницаемость до 5г/м<sup>2</sup>-сут.

Полиэтиленовая пленка в этом случае должна иметь толщину  $> 0,07$  мм.

ВУ-5. Отличается от варианта ВУ-3 тем, что дополнительная упаковка герметизируется.

ВУ-6. Отличается от варианта ВУ-5 тем, что используется еще одна дополнительная упаковка, но без герметизации.

ВУ-9. Предусматривается применение заглушек из полиэтилена для герметизации отверстий в изделии. Этот вариант используется совместно с другими вышеперечисленными вариантами.

В эксплуатационной нормативно-технической документации указываются способы и средства расконсервации гидроприводов и гидрооборудования. Способы расконсервации зависят от принятой системы антикоррозийной защиты.

Варианты ВЗ-1 и ВЗ-2. Поверхности, подвергнутые консервации, протирают хлопчатобумажными салфетками или щетками, смоченными маловязкими маслами или растворителями. В качестве растворителя применяют бензин для промышленно-технических целей, бензин-растворитель для лакокрасочной промышленности (уайт-спирит), бензин-растворитель для резиновой промышленности Б-70. После протирки поверхности обдувают теплым воздухом или протирают насухо.

Вариант ВЗ-4. Расконсервация проводится аналогичным способом. При загустении смазки дополнительно можно применять оплавление пластичной смазки в камерах или ваннах с минеральными маслами при температуре ПО... 120 С с протиранием ветошью или бязью и последующим обдуванием теплым воздухом или протиранием насухо.

Вариант ВЗ-10. Расконсервация осуществляется путем разгерметизации тары, снятия чехлов или удаления изоляционных тканей, герметиков и т.п., удаление мешочков с силикагелем, индикаторных патронов с силикагелем.

Варианты ВЗ-14 и ВЗ-15. Расконсервация включает в себя разгерметизацию тары, снятие чехлов, удаление ингибированной бумаги, мешочков с порошком ингибитора, пористых материалов с ингибиторов, продувку полостей сжатым воздухом. Водно-спиртовые растворы ингибитора, порошка ингибитора, наплавленного на поверхность изделия, удаляют промывкой водой с последующей сушкой.

Расконсервацию изделий следует проводить на изолированных рабочих участках во избежание воздействия вредных факторов на лиц, не занятых расконсервацией.

От правильного пуска в работу во многом зависит долговечность гидропривода. Часто отказы (преимущественно носящие технологический характер) возникают в процессе пуска. Поэтому разработан строго определенный порядок первого после изготовления, хранения или ремонта запуска гидропривода, который нужно соблюдать неукоснительно, независимо от места установки и выполняемых гидроприводом функций:

заполнить бак рабочей жидкости до номинального уровня. Заправка рабочей жидкостью гидросистем, в которых используются аксиально-поршневые гидромашины, должна осуществляться только через фильтры с размером ячеек не более 20 мкм. В линейных фильтрах фильтрующий материал должен иметь размер ячеек не более 40 мкм.

ослабить регулировочный винт предохранительного клапана;

проверить положение рабочих органов и распределителей. Распределители должны находиться в положении, обеспечивающем свободный слив рабочей жидкости в бак. Рабочие органы должны быть установлены так, чтобы их непредусмотренные движения не могли вызвать опасных последствий. Если по конструкции гидропривода не предусмотрен свободный слив рабочей жидкости, распределители должны быть поставлены в положение, обеспечивающее поджим рабочих органов к упору;

провернуть вал насоса вручную на несколько оборотов (если это возможно);

запустить приводной двигатель. При использовании двигателя внутреннего сгорания установить минимальную скорость вращения. В случае привода от электродвигателя проверить правильность направления вращения;

проверить работоспособность насоса, замерив давление в напорной магистрали, или визуально по наличию поступления жидкости в бак через сливную магистраль;

проверить отсутствие наружных утечек, при возможности устранить их, не останавливая

привод;

проверить функционирование всех исполнительных элементов без нагрузки, зафиксировать давление в напорной магистрали,

удалить воздух из гидросистемы через специальные устройства или за счет небольшого ослабления затяжки гаек напорных трубопроводов;

проверить уровень рабочей жидкости в баке. При необходимости довести уровень до номинального;

проверить работоспособность гидропривода с нагрузкой, вначале половинной, а затем полной,

при всех нагрузочных режимах убедиться в отсутствии пены на поверхности рабочей жидкости в баке. При наличии пены проверить герметичность всасывающего трубопровода, работоспособность всасывающего фильтра;

настроить предохранительный клапан;

после 1,5...2,0 ч работы в заданных режимах определять температурный режим;

еще раз проверить герметичность системы.

Заливка рабочей жидкости может производиться вручную и посредством заправочных станций. При ручной заливке необходимо принять меры по предупреждению попадания загрязнений в систему: использовать только чистые сосуды с крышкой, заливочные фильтры с тонкостью фильтрации не менее 80...160 мкм и т.п. Однако из-за низкой пропускной способности сеток заливных фильтров на заправку требуется значительное время и не исключает внесение в систему загрязнений.

Поэтому предпочтительно применять специальные заправочные станции, состоящие из насосного агрегата, рукавов высокого давления и фильтров тонкой очистки. Заправочные станции обеспечивают тонкую очистку рабочей жидкости, поступающей в гидропривод, и при необходимости - профилактическую очистку гидропривода.

### **ВИДЫ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Эксплуатация гидропривода - это целенаправленная деятельность персонала по применению, техническому обслуживанию и ремонту в процессе его использования в реальных условиях выполнения рабочих функций.

Таким образом, техническое обслуживание является важной и обязательной частью рабочего процесса, обеспечивающей работоспособность гидропривода в запланированный промежуток времени. От качества технического обслуживания зависит величина наработки гидропривода до достижения предельного состояния или отказа.

Техническое обслуживание осуществляется в рамках системы, под которой понимается совокупность взаимосвязанных исполнителей, технических средств и рабочих действий, необходимых для поддержания и восстановления приводов в работоспособном состоянии в процессе эксплуатации.

В зависимости от объема, характера и сроков выполнения работ техническое обслуживание имеет несколько видов. Каждый вид технического обслуживания обуславливается характерным составом работ, присущим данному виду обслуживания: количество, содержание и объем работ зависят от технического состояния и сложности машин, а также условий эксплуатации. В нашей стране принята единая для всех строительных организаций система технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта машин [4].

В зависимости от назначения, объема и состава работ, а также периодичности выполнения техническое обслуживание подразделяют на:

ежесменное, выполняемое регулярно перед началом работы, во время перерывов и после окончания работы;

периодическое, выполняемое после установленной продолжительности работы машины.

Инструкцией СН-207-68, утвержденной еще Госстроем СССР, являющейся обязательной для всех строительных организаций, эксплуатирующих машины, и ремонтных предприятий, регламентированы периодичность и трудоемкость разных видов технического обслуживания. Характерными работами для ежесменного технического обслуживания являются: осмотр, смазка, заправка и опробование машины до начала ее работы; и в некоторых случаях удаление воды из системы

охлаждения по окончании работы машины.

Для выполнения ежедневного технического обслуживания необходимо иметь на машинах полный комплект инструмента, инвентаря для смазки, обтирочный материал и приспособления.

При выполнении периодических обслуживания добавляются работы по смазке и регулировке узлов, которые присущи данному виду обслуживания, кроме того, могут заменяться уплотнения, гибкие рукава, трубопроводы, фильтрующие элементы и т.п. работы.

Периодические технические обслуживания в зависимости от характера объема работ и времени выполнения имеют различные номера. Чем выше номер, тем больший объем работы должен выполняться. Так, например, при выполнении технического обслуживания №1 (ТО1) выполняются ежедневные работы по смазке и регулировке.

В состав последующего технического обслуживания входят все предшествующие работы, характерные для данного номера технического обслуживания. Например, в состав работ технического обслуживания №2 (ТО2) должны входить работы: ежедневного технического обслуживания (ЕО) и ТО1.

Периодичность проведения технических обслуживания определяется сроками выполнения работ, которые должны производиться через одну или более смен.

Гидропривод, как правило, является составной частью машины. Поэтому процесс технического обслуживания гидропривода также составляет часть работ по обслуживанию машин в целом и составляющих ее структурных подсистем. Работы по техническому обслуживанию в зависимости от сроков и сложности рабочих действий можно разделить на ряд этапов: подготовка к пуску, пуск в работу, ЕО, ТО1, ТО2, техническое обслуживание 3 (ТО3), текущий ремонт, средний ремонт, капитальный ремонт. Сроки проведения этапных работ обычно согласуются со сроками выполнения таких работ для всей машины и корректируются в процессе эксплуатации с учетом конкретных условий использования машин. Для мобильных строительно-дорожных машин сроки технического обслуживания составляют; для ТО1 - 200...250 ч., для ТО2 - 350...450 ч. ТО3 обычно совпадает с сезонным обслуживанием и проводится в среднем через 800...1200 ч.

Для мобильных машин с гидроприводом характерно уменьшение объема технического обслуживания, сокращение времени и затрат на его проведение, которое предусматривается на стадии проектирования машин. При проектировании машин с гидроприводом используется агрегатно-узловой метод построения их конструкции, обеспечивающий возможность быстрой и легкой разборки на крупные узлы и компоненты для замены вышедших из строя деталей.

Для успешного выполнения технического обслуживания необходимо осуществление ряда организационных мероприятий. Такими мероприятиями являются организация планирования и выполнения технического обслуживания; создание необходимой материальной базы для его осуществления; проведение контроля по своевременному и качественному выполнению технического обслуживания.

Для осуществления технического обслуживания эксплуатирующие организации должны иметь машины для проведения технического обслуживания и заправки топливом и рабочими жидкостями; склады для хранения топлива, рабочих жидкостей, смазочных и других эксплуатационных материалов.

Техническое обслуживание гидравлического оборудования следует выполнять одновременно с установленным порядком технического обслуживания для мобильных машин с гидроприводом.

### **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА**

При эксплуатации и техническом обслуживании гидрооборудования должны соблюдаться требования техники безопасности, предусмотренные ГОСТ 16028-70 "Приводы гидравлические. Общие требования по технике безопасности".

Во время работы запрещается подтягивать соединения трубопроводов, пробки, гайки, винты, очищать и обтирать гидрооборудование.

Для более четкой организации технического обслуживания и ремонта, а также повышения ответственности обслуживающего персонала за соблюдением требований по уходу к эксплуатации необходимо завести журнал, в котором указывать условия эксплуатации, периодичность обслуживания и состояние гидрооборудования. Это позволит в любое время сравнить замеченные при осмотре гидромашин параметры с параметрами при вводе ее в эксплуатацию, свое-

временно обнаружить неисправности и контролировать выполнение обслуживающим персоналом требований инструкций по техническому обслуживанию или паспорта.

При техническом обслуживании следует соблюдать правила и определенные условия, отраженные в эксплуатационной документации, основными из которых являются следующие.

При обслуживании гидробаков следует исключить возможность попадания в них пыли, атмосферных осадков и других инородных тел. Замену рабочей жидкости следует проводить в сроки, установленные инструкцией по эксплуатации, или когда основные показатели качества (чистота, вязкость, кислотное число) выйдут за установленные нормы. Перед сливом рабочей жидкости необходимо в течение нескольких минут включить в работу гидродвигатели для того, чтобы привести загрязняющие частицы в бак во взвешенное состояние.

Обслуживание гидролиний заключается в постоянном наружном осмотре, подтяжке деталей соединений и устранении течей жидкости. При наружном осмотре следует следить за отсутствием задиров, вмятин и других дефектов на поверхности жестких трубопроводов, и повреждения наружного слоя гибких трубопроводов. Следует проверить состояние деталей крепления и ограждения гибких трубопроводов. При смене рабочей жидкости следует проводить очистку и промывку трубопроводов по установленной технологии.

Обслуживание насосов и гидродвигателей заключается в проверке плавности движения вала и штоков гидроцилиндров, слежении за наружной герметичностью и отсутствием посторонних шумов. При всех неисправностях в насосах или гидродвигателях гидропривод выводится из эксплуатации вплоть до устранения этих неисправностей.

Особое внимание должно быть уделено обслуживанию фильтров, так как они в значительной степени определяют долговечность всего привода и его элементов. Обслуживание фильтров включает в себя удаление отстоя из корпуса, промывку или замену фильтрующей среды. Фильтрующие элементы сетчатых фильтров промывают приблизительно через 200., 300 ч, магнитосетчатых - через 200 ч, магнитных - через 500 ч, тканевых - через 150.. 200 ч. В пластинчатых фильтрах щели между пластинами рекомендуется очищать не реже одного раза в неделю.

При ежесменном техническом обслуживании кроме выполнения общих операций (очистка, мойка, смазка, крепления деталей и узлов машины}, в соответствии с инструкцией по эксплуатации машин с гидроприводом, необходимо внешним осмотром проверить уровень рабочей жидкости в баке, герметичность гидросистемы и устранить причины обнаруженного подтекания рабочей жидкости. В случае разборки гидрооборудования необходимо закрыть заглушками или крышками отверстия, принять меры, исключающие попадание в гидросистему воды или загрязнений. Перед сборкой деталей гидрооборудования и трубопроводов их следует промыть в уайт-спирите или чистом керосине и продуть сжатым воздухом.

При техническом осмотре должны быть устранены все обнаруженные неисправности независимо от периодичности и трудоемкости обслуживания элементов гидропривода.

Наряду с качественным и полным техническим обслуживанием основными задачами обслуживающего персонала являются своевременное определение причин возникновения неисправностей и их устранение по внешним признакам. Надежность работы машин во многом определяется знанием конструктивных и эксплуатационных особенностей гидрооборудования, умением и опытом правильно выполнять рекомендации инструкций по техническому обслуживанию. Причем соблюдение надлежащей чистоты гидросистем является наиболее важным условием обеспечения безотказной работы гидрооборудования.

### **ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

Технологически техническое обслуживание гидропривода основывается на нормативно-технической конструкторской документации, документах по эксплуатации и руководствах по ремонту.

Объем и содержание работ по проведению технического обслуживания регламентируются технологическими документами, к которым относятся инструкция по эксплуатации, технический паспорт и формуляр. Эти документы поставляются вместе с машиной и входят в состав комплекта машины.

Инструкция по эксплуатации - документ, содержащий описание машины и ее принципа действия, а также сведения по его эксплуатации и удостоверяющий гарантированные предприятием

изготовителем основные параметры и технические характеристики. Инструкция может относиться к отдельному типоразмеру машины или гамме однотипных машин, отличающихся значениями определяющих параметров (грузоподъемность, масса, скорость движения и т.п.), но имеющих одинаковую конструктивную базу и назначение.

Документ разрабатывают на машину в целом независимо от наличия эксплуатационных документов на составные части.

Инструкция по эксплуатации оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.601-68, ГОСТ 2.105-79 и других отраслевых документов и нормалей предприятия-изготовителя.

Инструкция включает в себя: титульный лист; содержание:

общие сведения о машине; комплект поставки; основные технические данные и характеристики;

устройство, работу машины и ее составные части;

гидро- и пневмосистемы и систему смазки;

электрооборудование;

порядок расконсервации и пуска в работу;

порядок работы;

указания по эксплуатации и техническому обслуживанию;

указания по технике безопасности;

сведения об эксплуатационных материалах и возможности их замены;

гарантийные обязательства и условия, при невыполнении которых гарантийные обязательства не сохраняются.

Перечень частей инструкции приведен для общего случая. В зависимости от особенностей машины разделы могут быть объединены или исключены. Могут быть введены другие разделы, необходимые для нормальной эксплуатации машины.

В части «Общие сведения о машине» приводятся полное наименование изделия, его обозначение, назначение, наименование предприятия-изготовителя и другие сведения.

В разделе «Комплект поставки» перечисляют все входящие в изделия агрегаты, отдельные части, в том числе и запасные, и сопровождающую эксплуатационную документацию.

В части «Основные технические данные и характеристики» указывают техническую характеристику и параметры изделия.

Раздел «Устройство, работа машины и ее составные части» содержит изображение машины с обозначением ее составных узлов и агрегатов, органов управления. Здесь излагаются принцип работы изделия, основные операции, общая компоновка.

Разделы «Гидро- и пневмосистемы и система смазки» и «Электрооборудование» содержат соответствующие принципиальные схемы, схемы соединений, описание работы, указания по монтажу и эксплуатации. Описание работы должно включать в себя режимы работы, способы и средства регулирования и значения установочных параметров (настройку предохранительных клапанов и т.п.).

Части «Порядок расконсервации и пуска в работу», «Порядок работы» и «Указания по эксплуатации и техническому обслуживанию» содержат информацию, связанную непосредственно с действиями персонала при эксплуатации машины. Даются указания по монтажу и пуску в работу систем машины, правила заправки емкостей рабочими жидкостями и смазочными материалами. Описываются действия персонала по управлению системами машины при выполнении ею технологических действий. Указывается объем и сроки технического обслуживания, а также даются диагностические карты неисправностей, причин их возникновения и способов устранения. Информация представляется в виде технологических карт, пример одной из них показан в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Типовая технологическая карта технического обслуживания гидропривода				
Содержание работ по техническому обслуживанию	Вид обслуживания			
	ЕО	ТО1	ТО2	ТО3
Очистить штоки гидроцилиндров и другие подвижные внешние элементы от грязи и пыли.	+	+	+	+
Проверить уровень масла; при необходимости долить до нормы.	+	+	+	+
Проверить визуально наружные утечки; при необходимости устранить.	+	+	+	+
Проверить надежность закрепления гидроагрегатов; при необходимости подтянуть крепежные элементы.	+	+	+	+
Проверить температуру масла в баке; при необходимости проверить работу устройств разгрузки и охлаждения. Очистить от пыли и грязи радиаторы охлаждения.	+	+	+	+
Проверить шум и вибрации при работе. Принять решение о контроле или замене дефектных элементов.	+	+	+	+
Проверить давление в точках контроля. Произвести регулировку клапанов давления.	+	+	+	+
Проверить давление зарядки гидроаккумулятора; при необходимости подзарядить его.		+	+	+
Проверить состояние рукавов высокого давления; при наличии повреждений их заменить		+	+	+
Проверить наличие пены на поверхности рабочей жидкости в баке; при необходимости провести работы по герметизации всасывающей магистрали		+	+	+
Проверить исправность дренажных линий и сапунов		+	+	+
Провести настройку регулирующих аппаратов, механизмов управления распределителями и регуляторов подачи насосов			+	+
Проверить работоспособность гидропривода по выходным характеристикам. Принять решение о необходимости тщательной диагностики с целью выявления неисправных элементов.			+	+
Провести анализ рабочей жидкости, при необходимости заменить ее.				+

Обязательным разделом инструкции является перечень возможных неисправностей. Этот раздел оформляется в виде диагностических карт на всю машину или отдельно по системам машины. Диагностические карты различных гидроприводов представлены в прил. 1.

Форма инструкции может быть различной, разделы могут быть объединены или, наоборот, расчленены. Тем не менее вся информация о машине, указанная в перечне, должна быть представлена в документе. В качестве примера в прил.2 представлена инструкция по эксплуатации вилочного погрузчика типа «Икар».

Каждый экземпляр машины сопровождается индивидуальными документами - техническим паспортом и формуляром.

Технический паспорт является основным документом, идентифицирующим машину. Только при наличии паспорта производятся все юридические действия над машиной; продажа, регистрация в государственных органах, обслуживание и ремонт сторонними организациями, рекламации и др.

Технический паспорт содержит следующую информацию:

основные сведения об изделии: наименовшие и индекс, наименование предприятия изготовителя, заводской номер изделия, дата выпуска, сведения о комплектующих {двигатель, коробка перемены передач и т.д.), номер и срок действия сертификата соответствия, наименование органа, выдавшего сертификат;



основные технические данные: технические характеристики, сведения горюче-смазочных материалах, сведения о содержании драгоценных металлов, индивидуальные особенности данного экземпляра машины; комплектность; ресурсы, сроки службы и хранения, гарантии изготовителя и условия предъявления рекламаций; информацию о консервации; свидетельство об упаковывании; свидетельство о приемке.

Технический паспорт подписывается руководителем предприятия и заверяется печатью. Свидетельства об упаковывании и приемке подписываются уполномоченными лицами и заверяются оттисками личных клейм.

Формуляр является рабочим документом, куда заносится вся информация об эксплуатации и техническом обслуживании данного экземпляра машины. В формуляр включаются все разделы технического паспорта, подписанные и заверенные, как и технический паспорт. Помимо этого включаются такие разделы:

- движение машины при эксплуатации, сведения о движении, приеме и передаче машины при эксплуатации, закреплении машины за конкретными лицами;
- учет работы машин;
- учет технического состояния;
- учет технического обслуживания;
- учет работ по специальным указаниям помимо планового технического обслуживания;
- учет работ, выполненных в ходе эксплуатации; описание аварийных случаев; сведения о периодическом контроле основных эксплуатационных и технических характеристик (в том числе параметров гидропривода); сведения о рекламациях (включая бланк акта-рекламации);
- информация о ремонтах; краткие записи о произведенном ремонте с указанием вида ремонта, причины поступления в ремонт, полной и межремонтной наработки;
- сведения о хранении;
- данные приемосдаточных испытаний, проведенных в процессе эксплуатации;
- сведения об утилизации.

Все записи в формуляре производятся уполномоченными лицами и заверяются личными подписями.

В последнее время получил распространение новый документ -сервисный паспорт. Сервисный паспорт объединяет в себе технический паспорт и некоторые разделы формуляра и заменяет оба эти документа. Сервисный паспорт удобен в условиях, когда техническое обслуживание и ремонт выполняются специализированными предприятиями по договорам с организациями, эксплуатирующими машины. Пример такого документа приведен в прил.3.

### **ИЗМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОПРИВОДОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Изменение технического состояния гидравлических приводов при эксплуатации происходит вследствие изнашивания элементов, коррозии, накопления пластических и усталостных повреждений, изменения свойств материалов, изменения характеристик рабочей жидкости и ряда других факторов. Рассмотрим основные из них.

При эксплуатации сопряженные детали гидропривода вследствие трения постепенно изменяют размеры и форму (изнашиваются). Изнашивание происходит вследствие взаимодействия поверхностей сопряженных деталей и воздействия на них внешней (жидкой или газовой) среды. В результате такого взаимодействия происходит упругопластическое деформирование поверхностных слоев трущихся деталей, что приводит к возникновению и развитию вторичных физических, химических и механических процессов. Интенсивность (скорость) процессов, возникающих на поверхностных слоях металла, зависит от закономерностей процесса трения и особенностей упругопластического деформирования.

Изнашивание является одним из факторов, понижающих долговечность привода, а в ряде случаев может явиться причиной потери работоспособности. Физическая природа трения и, соот-

ветственно, изнашивания изучена недостаточно. Предложены различные модели трения [5], из которых для сопряженных деталей гидропривода могут быть использованы следующие.

**Модель сухого трения.** Такое трение возникает в том случае, когда поверхности сопрягаемых деталей вследствие определенных условий (большое прижимающее усилие, плохо подобранная или отсутствующая смазка и т.п.) находятся так близко одна к другой, что выступы шероховатостей поверхностей соприкасаются (рис 2.1,а).

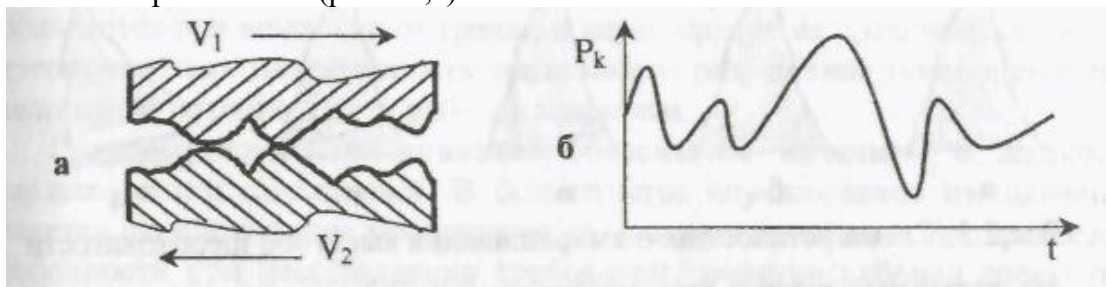


Рис. 2.1. Модель сухого трения: а- физическая модель трения; б-график контактного давления

При этом контактирующие выступы шероховатостей под действием сжимающего усилия и относительного движения деталей сминаются, срезаются и схватываются. Контактные давления резко изменяются (рис 2.1,б). Процесс сопровождается шумом, локальным повышением температуры и интенсивным износом. Такое трение возникает в аварийных ситуациях, когда нарушаются правила эксплуатации, или при грубых конструктивных или технологических ошибках.

**Модель смешанного трения.** В этом случае непосредственный контакт поверхностей отсутствует (рис.2.2).

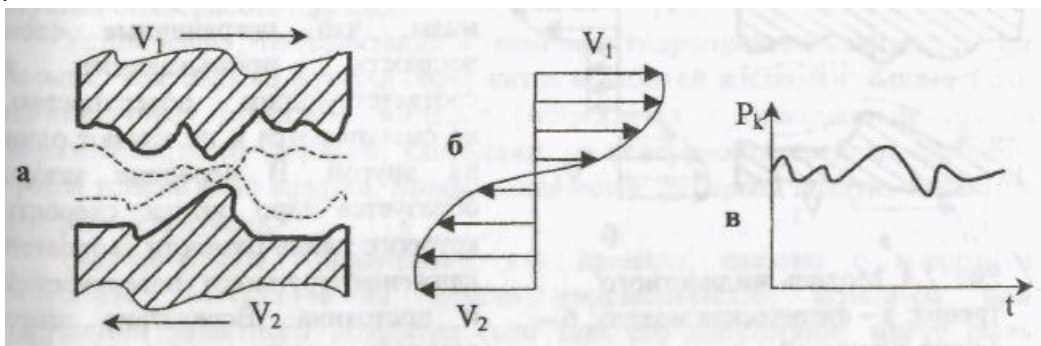


Рис.2.2. Модель смешанного трения: а - физическая модель трения; б -эпюра скоростей в зазоре; в - график контактных давлений

В зазоре находится жидкость, структуру слоя которой можно представить в виде пограничных слоев, примыкающих к соответствующим поверхностям. При этом толщина пограничного слоя соизмерима с величинами выступов шероховатости и зазором между поверхностями, вследствие чего оба слоя при относительном движении поверхностей ллияют один на другой, изменяя собственные параметры. Эпюра скоростей жидкости в зазоре между поверхностями (рис.2.2.б) также изменяется. Постоянное ядро потока отсутствует. Изменения параметров пограничных слоев приводят к непостоянству контактного давления (рис.2.2,в).

Процесс изнашивания поверхностей при смешанном трении носит усталостный характер, что может быть проиллюстрировано схемой рис 2.3.

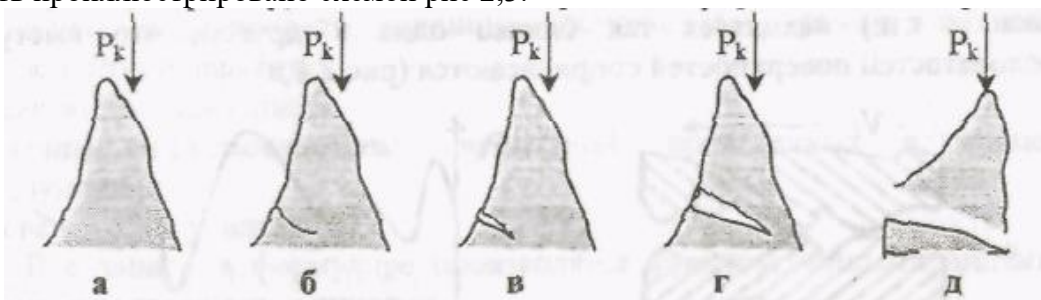


Рис.2.3. Схема усталостного выкрашивания выступов шероховатости

На отдельный выступ шероховатости (рис.2.3,а) действует переменное усилие  $P_k$ , которое

вызывает в теле этого выступа переменные напряжения. Под их действием вначале возникает небольшая трещина (рис 2.3,б), которая со временем развивается (рис 2.3,в и г). Процесс заканчивается полным отрывом выступа (рис 2.3,д).

Смешанное трение возникает при нарушениях правил эксплуатации, в частности при работе на жидкостях, не рекомендуемых для использования или на жидкостях, потерявших качество вследствие старения.

*Жидкостное трение* является наиболее приемлемым с точки зрения минимального изнашивания случаем сопряжения деталей (рис. 2.4).

Зазор в сопряжении настолько велик, а выступы шероховатостей малы, что пограничные слои жидкости, примыкающие к соответствующим поверхностям, не смешиваются и не влияют одна на другую. В середине зазора образуется ядро потока, скорость которого равна разности скоростей движения трущихся поверхностей и постоянна.

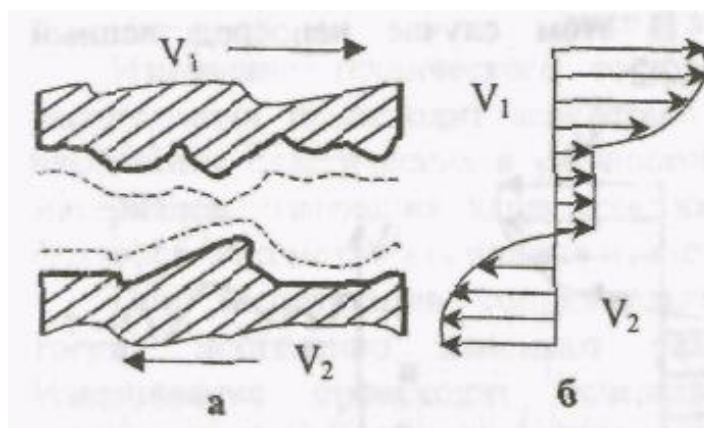


Рис. 2.4. Модель жидкостного трения:  
а - физическая модель; б - эпюра скоростей

Вследствие этого величина контактного давления также постоянна и усталостного выкрашивания выступов шероховатости нет. Теоретически при жидкостном трении изнашивание должно отсутствовать.

Жидкостное трение в сопрягаемых деталях достигается за счет оптимального сочетания величины сжимающей силы, относительной скорости движения деталей, параметров смазывающей жидкости и чистоты трущихся поверхностей.

Описанные модели не полностью описывают все случаи, связанные с изнашиванием деталей гидропривода. Для деталей золотниковых и торцевых распределителей, а также поршневых пар помимо описанных характерными видами изнашивания являются: гидроэрозионное, гидроабразивное, кавитационное, окислительное, изнашивание при фреттинге [6].

Гидроэрозионное изнашивание определяется воздействием жидкости на твердые поверхности на молекулярном уровне. Такое изнашивание проявляется при жидкостном трении и характеризуется сравнительно малой интенсивностью, интенсивность эрозионного разрушения повышается при увеличении вязкости рабочей жидкости.

Гидроабразивное изнашивание объясняется наличием в жидкости твердых частиц загрязнений. В большинстве случаев такое изнашивание является определяющим техническое состояние элементов гидропривода, в особенности при несоблюдении требований очистки рабочей среды при эксплуатации.

Кавитационное изнашивание выражается в разрушении поверхности детали при возникновении кавитационного процесса и является аварийной ситуацией. Процесс кавитации представляет собой потерю сплошности и образование внутри жидкости паровых или газовых каверн. При схлопывании таких каверн удары частиц жидкости о поверхность детали вызывают ее местный нагрев, который в сочетании с ударами приводит к интенсивному разрушению металла. Кавитационный режим работы является распространенным для гидравлических насосов при отказах системы всасывания. Такой режим работы сопровождается шумом и повышенным уровнем пульсации давления и может привести к неустойчивой работе насоса.

Установлено, что кавитация в элементах гидропривода начинается тем раньше, чем больше воздуха содержится в рабочей жидкости. Кроме того, кавитационная стойкость жидкости понижается с повышением уровня загрязненности ее твердыми частицами, на поверхности которых адсорбируется тонкий слой воздуха. Микроскопические пузырьки воздуха являются центрами кавитации.

Окислительное изнашивание, как правило, связано с коррозией материала. Металлические детали гидравлических агрегатов при нарушении защитного покрытия (или при его отсутствии) могут быть подвержены коррозии - процессу разрушения металла, происходящему при химическом или электрохимическом взаимодействии с окружающей средой. В гидравлическом приводе коррозии наиболее подвержены трубопроводы, [фонштейны крепления гидроагрегатов, внутренние полости гидроаккумуляторов, детали электромагнитных [фанов и т.п.

В результате коррозии изменяются механические свойства металла: снижается прочность, пластичность. Продукты коррозии, попадающие в рабочую жидкость гидросистемы, могут привести к ее загрязнению и тем самым усилить гидроабразивный износ.

По характеру коррозионного разрушения различают следующие виды коррозии: сплошная (равномерная и неравномерная), местная, точечная, сквозная, подповерхностная и межкристаллическая.

Фреттинг-коррозия характеризуется образованием мелких язвенных углублений на неподвижных или имеющих весьма малые взаимные перемещения деталях и узлах, находящихся под нагрузкой. Фреттинг-коррозия приводит к возникновению усталостных разрушений

(повреждений) деталей гидропривода. Усталостные повреждения могут также возникнуть в результате коррозии при трении или контактной коррозии. При вибрационном проскальзывании и проникновении в зону контакта окислительной среды образуются повреждения в виде язв, заполненных продуктами разрушения, в основном порошкообразными окислами трущихся металлов. В начальный момент происходит схватывание сопряженных поверхностей на участках контакта, и появляющиеся при этом металлические частицы, окисляясь, образуют первичные продукты изнашивания. В дальнейшем разрушение материала приобретает характер абразивного изнашивания продуктами фреттинг-коррозии и облегчается тем, что поверхностные слои в зоне контакта разрушаются в результате усталостно-окислительных процессов. С увеличением частоты и амплитуды вибрации процесс изнашивания усиливается, а время до момента резкого повышения силы трения в зоне контакта вследствие схватывания сокращается.

Влияние фреттинг-коррозии не исчерпывается снижением сопротивления усталости вследствие образования геометрических концентраторов напряжения. Значительно более существенным является возникновение мелких очагов адгезионного взаимодействия, по границам которых могут возникнуть микротрещины, являющиеся более эффективными концентраторами напряжения, чем язвы, образовавшиеся вследствие фреттинг-коррозии и имеющие обычно более плавные очертания. Усталостные трещины возникают чаще всего по границе участка адгезии контактирующих деталей. При достаточном уровне переменных напряжений, возникающих от внешней нагрузки, начальная трещина может развиваться вплоть до полного разрушения детали. Таким образом, фреттинг-коррозия оказывает значительное влияние на сопротивление усталости деталей гидропривода. Она порождается теми же условиями изменяющейся нагрузки, которые непосредственно вызывают усталостное разрушение.

Наиболее часто детали гидравлических агрегатов подвергаются электрохимической коррозии, когда металл разрушается под действием электролита. Мельчайшие капли раствора электролита могут образовываться на поверхности металла вследствие того, что частички пыли содержат гигроскопические соли, впитывающие атмосферную влагу. При резком изменении температуры на холодной поверхности детали может концентрироваться вода, которая после растворения в ней солей становится электролитом. Таким образом, между зернами металла возникает разность потенциалов, являющаяся причиной возникновения электрохимической коррозии. Существенное влияние на скорость коррозии оказывает состояние поверхности металла. Металл с полированной поверхностью корродирует медленнее, чем с шероховатой.

Установлено, что коррозии подвержены прежде всего наиболее деформированные или

напряженные части конструкции, так как с увеличением внутреннего напряжения возрастает отрицательный потенциал. Деформация способствует образованию микропор, через которые коррозионная среда проникает в глубину металла. Газы, содержащиеся в атмосферном воздухе, могут растворяться в растворе, в котором протекает коррозия, диффундировать через него к поверхности металла и влиять на скорость коррозии. Кислород в зависимости от его концентрации в растворе свойств металла и других факторов может ускорять коррозию либо способствовать образованию защитной пленки [4].

Химическая коррозия возникает также вследствие повышенной кислотности рабочей жидкости, возникающей при ее старении. Немалую роль играет также попадающая в рабочую жидкость влага.

Изнашивание деталей пар трения (штоков, цилиндров, золотниковых пар, гильз) снижает также сопротивление усталости и может служить причиной их разрушения после некоторого срока службы.

При анализе различных процессов разрушения элементов гидропривода (в результате изнашивания, деформации, поломок, коррозии) могут быть выделены следующие типовые зависимости разрушения от времени

1. Факторы, влияющие на скорость протекания процесса разрушения, стабилизировались, а причины, которые могут изменить интенсивность процесса, отсутствуют (например, при установившемся изнашивании). В этом случае зависимость степени разрушения от времени имеет линейный характер.

2. Процесс разрушения некоторое время может не проявляться, а затем проявиться с большой интенсивностью, что может привести к выходу детали из строя, например при усталостном разрушении.

3 При протекании процесса разрушения происходит постепенное ослабление тех факторов, которые влияют на его интенсивность. Такая особенность характерна, например, для изнашивания элементов в период приработки, когда происходит изменение микрогеометрии поверхности.

4. Влияние факторов, от которых зависит интенсивность процесса разрушения, усиливается, в результате чего интенсивность процесса разрушения возрастает. Такой характер может иметь изнашивание с возрастающей интенсивностью.

5. Процесс разрушения является нестабильным, что происходит при работе детали в резко изменяющемся режиме.

В реальных условиях процесс разрушения детали обычно состоит из нескольких этапов. Например, процесс изнашивания часто состоит из трех этапов: с уменьшающейся интенсивностью (приработка), с постоянной скоростью (нормальный износ) и с возрастающей интенсивностью (катастрофический износ). На рис. 2.5 представлена общая зависимость интенсивности износа контактирующих поверхностей от наработки. Под интенсивностью износа понимается отношение параметра износа ко времени работы трущихся поверхностей. Параметром износа может быть линейный размер (зазор в сопряжении), объем (объем изношенного материала) или масса (количество изношенного материала). Характерные зоны кривой износа определяются следующим образом. I - зона приработки, когда интенсивность износа постепенно снижается. II - зона нормальной эксплуатации при установившейся невысокой интенсивности износа. III - зона катастрофического износа. Время наступления III зоны классифицируется как момент наступления предельного состояния, при котором эксплуатация должна быть прекращена.

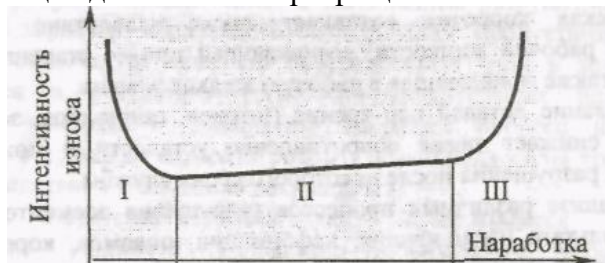


Рис. 2.5. Зависимость интенсивности износа от наработки

Установлено, что существует возможность значительного повышения трения в золотниковых распределительных устройствах гидропривода, способного нарушить его нормальную работу. Как правило, неисправности, связанные с повышением трения в золотниковых парах, возникают внезапно и устраняются после нескольких перемещений золотника. Основными причинами повышения трения между деталями золотниковых пар периодического действия являются: гидравлическое защемление золотника в гильзе, вызываемое неуравновешенной радиальной гидростатической силой; облитерация (заращивание зазора в золотниковой паре); механическое заклинивание золотника в гильзе, вызываемое попаданием в зазор между деталями твердых частиц.

Механическое заклинивание распределительных золотниковых пар является основной причиной нарушения в них стабильного трения.

Изменение технического состояния деталей и узлов приводит к изменению выходных (функциональных) параметров гидроагрегатов и гидропривода в целом. Рассмотрим наиболее характерные изменения технического состояния гидрофицированных машин и связанные с этим изменения их функциональных параметров при эксплуатации для основных типов гидроагрегатов и элементов гидравлических приводов.

### ***Гидронасосы.***

Установлено, что работоспособность гидравлических насосов во многом определяется техническим состоянием качающего узла, изменение которого непосредственно влияет на объемный КПД насоса. Для часто применяющихся в гидроприводе аксиально-поршневых насосов техническое состояние качающего узла может быть оценено с помощью таких параметров, как зазор в иллидропортневой группе (в сопряженной паре поршень-цилиндр) и люфт в шарнирных соединениях.

Экспериментально установлено, что наиболее интенсивное изнашивание рабочих элементов насоса происходит в течение 200 ... 300 ч работы. В дальнейшем интенсивность процесса изнашивания стабилизируется. Для насоса следствием увеличения зазоров в поршневых парах является увеличение внутренних утечек и понижение объемного КПД.

Кроме снижения КПД, характерными неисправностями для гидравлических насосов, проявляющимися при эксплуатации, являются: потеря герметичности уплотнений приводного вала, износ шлицевого соединения, увеличение люфтов и разрушение подшипников, кавитационное разрушение качающего узла, перегрев насоса вследствие работы без рабочей жидкости с разрушением качающего узла. Имеют место также отдельные случаи разрушения корпуса насоса.

### ***Распределительные устройства.***

Основная масса отказов гидравлических распределительных устройств связана с нарушением герметичности, чаще всего — внутренней: увеличение внутренних утечек объясняется увеличением зазоров в золотниковых парах вследствие изнашивания трущихся поверхностей. Внешняя негерметичность может появиться вследствие разрушения или старения резиновых уплотнений в результате воздействия повышенных температур или нарушения стыковочных соединений трубопроводов в результате температурной деформации или вибрации.

Уровень внутренних утечек в гидрораспределителях существенно зависит от температуры рабочей жидкости и окружающей среды.

Исследования также показали, что с повышением температуры уменьшается усилие, развиваемое электромагнитом в гидравлических электромагнитных кранах. Причем наиболее интенсивное понижение усилия наблюдается при температуре более 100°C.

Существенное влияние на работоспособность распределительных устройств оказывает загрязненность рабочей жидкости, являясь причиной более 50% отказов, выявленных при эксплуатации. Повышение загрязненности рабочей жидкости увеличивает усилие срабатывания, а в ряде случаев приводит к заклиниванию цилиндрических золотниковых распределителей. Попадание частиц загрязнений в зазоры золотниковых пар или под седло клапанов часто приводит к резкому повышению внутренних утечек в гидрораспределителе и его досрочному снятию с эксплуатации.

### ***Следящие рулевые приводы.***

Основными дефектами и неисправностями следящих рулевых приводов, возникающими при эксплуатации, являются: внешняя негерметичность подвижных уплотнений исполнительных што-



ков; внутренняя негерметичность; люфты в креплении рулевых приводов к опоре, в кинематике обратной связи и силовой проводке управления; заклинивание золотниковых распределителей; коррозия и нарушение материалов покрытия элементов, риски, забоины, вмятины на поверхности деталей и др.

Наиболее часто рулевые приводы снимаются с эксплуатации вследствие нарушения герметичности уплотнений штоков, появления повышенных люфтов в силовой проводке и разрушения элементов конструкции.

Наибольшее влияние на функциональные параметры рулевых приводов оказывают люфты в опоре их крепления, цепи обратной связи и силовой проводке управления, а также внутренние перетечки между полостями силовых цилиндров.

Эти эксплуатационные изменения снижают устойчивость следящего гидропривода, повышают несимметричность его скоростной характеристики, а также изменяют его статическую и динамическую жесткость.

Наиболее существенно влияние эксплуатационных изменений в следящем рулевом приводе сказывается на характеристике его динамической жесткости, которая может быть использована как диагностический параметр для оценки технического состояния привода.

### ***Трубопроводы.***

Жесткие трубопроводы гидравлических систем машин в реальных условиях работы подвержены действию сложного комплекса статических и динамических нагрузок, вызванных вибрацией, пульсацией давления рабочей жидкости, температурными деформациями и некоторыми другими факторами, что приводит к усталостному разрушению трубопроводов.

При эксплуатации на поверхности трубопровода могут возникнуть незначительные "потертости", которые, как правило, создают очень малую концентрацию напряжений и не оказывают существенного влияния на долговечность. Более значительные "потертости", образующиеся вследствие вибрации, особенно при слабо закрепленных опорах, могут существенно понизить долговечность трубопровода. Опыт эксплуатации показал, что прямолинейные трубопроводы имеют более высокую прочность, чем криволинейные. Значительно снижает долговечность трубопроводов наличие овальности и вмятин.

Гибкие трубопроводы лучше сопротивляются динамическим нагрузкам. Для них наиболее существенными являются факторы, влияющие на химический состав слоев резины, из которых состоят рукава высокого и низкого давления. В процессе эксплуатации под действием давления рабочей среды, температуры, деформаций рукавов и других факторов резина стареет: теряет пластичность и прочность, становится более твердой, на внешней поверхности образуются трещины. При неверной установке рукавов они могут соприкасаться с твердыми частями машины, что приводит к потертостям и разрушениям внешнего слоя.

В местах заделки рукавов в наконечнике происходит релаксация — постепенное уменьшение напряжения при постоянной деформации, резкое ухудшение упругих свойств при отрицательных температурах, медленное и неполное восстановление первоначальной формы и размеров после снятия нагрузки при низких температурах. Это обстоятельство приводит к снижению усилия в заделках и вырыву рукава из наконечника.

### ***Уплотнительные устройства***

Надежность и долговечность гидравлических агрегатов во многом зависят от степени их герметичности, а следовательно, от состояния уплотнений. Наиболее часто применяющиеся в гидравлических агрегатах резиновые уплотнения благодаря эластичности резины легко приспосабливаются к мельчайшим неровностям уплотняемой поверхности и обеспечивают герметичность. Однако в уплотнениях, как и в любом элементе гидропривода, при эксплуатации происходят определенные изменения. Со временем у резиновых уплотнений под действием релаксации напряжений происходит ухудшение физико-механических свойств под влиянием повышенной температуры и старения. Кроме того, резиновые уплотнения подвержены влиянию рабочих жидкостей и способны привулканизироваться к металлам под действием давления и температуры, а также могут выдавливаться в малые зазоры.

Если жидкость, применяющаяся в гидросистеме, содержит серу, то контактная поверхность резинового уплотнения под действием нагрева твердеет и превращается в эбонит. Затвердевшая

поверхность ушотнительного кольца или манжеты легко растрескиваются, и уплотнение становится непригодным для дальнейшей эксплуатации.

При эксплуатации в зависимости от применяемых рабочих жидкостей и материала уплотнений может происходить их набухание или усадка. Набухание уплотнений происходит вследствие механического проникновения жидкости в материал уплотнения или может быть результатом химической реакции.

Усадка резинового уплотнения в определенных пределах не зависит от температуры, но при высоких температурах усадка происходит быстрее, чем при низких.

При сильном охлаждении резиновое уплотнение теряет упругие свойства, при этом давление на контактной поверхности, созданное предварительным натягом, уменьшается или исчезает. Для многих, даже морозостойких марок резины при резком охлаждении контактное давление начинает уменьшаться при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  и при температуре  $-50 \dots -60^{\circ}\text{C}$  составляет лишь около 10% начального или исчезает. При постепенном охлаждении контактное давление начинает уменьшаться уже при нескольких градусах ниже нуля и исчезает при температуре  $-25 \dots -40^{\circ}\text{C}$  [7].

В процессе работы подвижных соединений выделяется значительное количество теплоты, вследствие чего потеря работоспособности уплотнений наступает раньше, чем в неподвижных соединениях. Кроме того, уплотнения подвижных соединений подвержены изнашиванию. В зависимости от режима работы уплотнения и условий смазывания в нем может иметь место сухое, смешанное или жидкостное трение. Сухое трение может возникнуть в уплотнениях при малых скоростях движения и больших нагрузках. Режим смешанного трения характерен для больших скоростей движения. В области режима смешанного трения сила трения монотонно уменьшается при увеличении скорости движения. Режим жидкостного трения наступает тогда, когда нагрузка на уплотнение постоянна и полностью воспринимается слоем смазки, т.е. когда при движении уплотнения с определенной скоростью относительно уплотняемой детали между движущимися поверхностями возникает гидродинамическое давление, равное прижимающему радиальному давлению уплотнения, и поверхности трения разделяются слоем рабочей жидкости.

От режима трения зависит характер изнашивания уплотнения: переход с жидкостного режима работы к режиму сухого трения способствует увеличению изнашивания и, как следствие, значительному снижению долговечности уплотнения.

В зависимости от физико-механических свойств резины, конструктивных особенностей уплотнения и условий работы возможно изнашивание трех видов: усталостное, абразивное (микрорезание) и изнашивание при заедании. Продукты абразивного изнашивания попадают под уплотняющую кромку. При увеличении контактного давления происходит переход от усталостного изнашивания к наиболее разрушительному изнашиванию при заедании. Причем определяющим критерием при переходе от усталостного и абразивного изнашивания к изнашиванию при заедании является интенсивность трения. Опыт показывает, что сравнительно малое трение имеет вдвое комбинированное уплотнение, надежность которого значительно выше надежности одинарного уплотнения: вероятность отказа вдвое уплотнения ниже примерно в 5 раз.

Долговечность резинового уплотнительного кольца в значительной мере зависит от правильности изготовления канавки, в которой оно находится. Если объем канавки мал, кольцо выдавливается в зазор, защемляется и разрушается. Для предотвращения этого в канавку со стороны, противоположной подаче рабочего давления, помещают защитное кольцо.

Взаимодействие уплотнительного резинового кольца с рабочей жидкостью приводит к возникновению окислительного процесса в материале кольца и самой рабочей жидкости, а также к диффузионному и адсорбционному обмену [7].

Внутренний механизм процессов, предшествующих потере гидроприводом работоспособности, может быть достаточно точно проанализирован только в каждом конкретном случае, так как изменение параметров каждого объекта имеет свои закономерности. Однако конкретные механизмы потери работоспособности определяются общими физико-химическими процессами изменения структуры, свойств и параметров элементов гидропривода. Изменение параметров, случайное для каждого отдельного гидроагрегата, имеет статистически устойчивый характер для однотипных агрегатов.

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ И ГИДРОМОТОРОВ

Перед установкой аксиально-поршневых насосов и гидромоторов (гидромашин) на мобильную машину они должны быть расконсервированы, а из корпуса насоса и редуктора необходимо слить масло и промыть их чистым неэтилированным бензином. Расконсервация должна производиться не ранее чем за 12 часов до установки гидрооборудования на машину [8].

При установке насосов или гидромоторов на мобильные машины вначале они предварительно крепятся к раме на фланцах или лапах корпуса, затем центрируются их валы и соединяются полу муфты. После чего осуществляется окончательное крепление с последующим тщательным контролем соосности соединяемых валов. Все болтовые соединения должны фиксироваться от самопроизвольного отворачивания.

Запрещается производить монтаж ударами по гидромашине и регулировать зазоры между фланцами гидромашин и приводным механизмом затяжкой крепежных болтов или шпилек. Зазоры должны выбираться путем исправления плоскости фланца приводного механизма или с помощью компенсационных прокладок.

Валы аксиально-поршневых гидро машин всех типов должны соединяться с приводными механизмами с помощью упругих муфт, способных компенсировать угол перекоса осей гидромашин и приводного механизма до 1 градуса и несоосность этих осей до 0,2 мм. Полумуфта должна насаживаться с помощью болта и резьбового отверстия в приводном валу. Набивать полумуфту категорически запрещается. Направление вращения вала указано стрелкой на корпусе насоса.

В картер редуктора насосов и насосных агрегатов необходимо заливать Рабочую жидкость МГ-30 (ИС-30) или на летний период эксплуатации моторное масло ДС-8, ДС-11, АС-8 или АС-10. Заменять масло необходимо примерно через каждые 500 ч работы. Уровень масла в картере редуктора необходимо проверять не реже одного раза в неделю. Категорически запрещается эксплуатировать гидромотор с заглушённым дренажным отверстием.

Манжетные уплотнения в гидромашинках необходимо заменять только в закрытом помещении в условиях, исключающих попадание загрязнений в корпус.

При эксплуатации аксиально-поршневых гидромашин рекомендуется применять основные сорта рабочих жидкостей, специально созданных для объемных гидроприводов, или их заменители, приведенные в первой части справочника в разделе "Рабочие жидкости".

Если гидросистема машины заправлена гидравлическим маслом МГЕ-46В (МГ-30), а температура воздуха достигает  $-20^{\circ}\text{C}$ , то приводной двигатель следует запускать при минимальной частоте вращения и без внешней нагрузки, проработать в течение 5...10 мин, а затем, постепенно увеличивая частоту вращения дизеля, повысить температуру рабочей жидкости в гидросистеме до  $10... 15^{\circ}\text{C}$  путем дросселирования потока.

Если гидросистема машины заправлена гидравлическим маслом МГ-15В (ВМГЗ), то аналогичные мероприятия следует выполнять при температуре окружающего воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Недопустима эксплуатация гидромашин без рабочей жидкости в ее корпусе и редукторе сдвоенного насоса. Обслуживающий персонал должен иметь точные сведения о сорте рабочей жидкости в гидросистеме и картере редуктора сдвоенного насоса. Категорически запрещается эксплуатация на рабочих жидкостях, не указанных в паспорте или инструкции по эксплуатации гидромашин.

Для содержания гидромашин в состоянии постоянной эксплуатационной готовности следует подвергать их ежедневному осмотру. При этом необходимо обращать особое внимание на: уровень рабочей жидкости в гидромашине; состояние мест разъемов крышек, пробок и т.д.; состояние болтов, крепящих гидромашину к установке, качество соединения вала гидромашин с приводным механизмом.

Заводы-изготовители гарантируют надежную работу гидромашин на рабочих жидкостях минимальной вязкостью от 6...8 и максимальной - до 1500 сСт в интервале температур от  $-40$  до  $+75^{\circ}\text{C}$  при условии соблюдения требований паспорта и инструкции по эксплуатации. Оптимальный уровень вязкости рабочей жидкости находится в пределах 25... 16 сСт, что соответствует температуре МГ-15В (ВМГЗ) от  $+25$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ , а для МГЕ-46В (МГ-30) от  $-55$  до  $+65^{\circ}\text{C}$ .

Завод-изготовитель обязан в течение 18 месяцев со дня отгрузки с завода (но не более

1500 ч работы гидромашин) безвозмездно ремонтировать, или заменить неисправные гидромашин при условии соблюдения потребителем правил монтажа, эксплуатации и технического обслуживания. При этом продолжительность со дня отгрузки с завода до ввода в эксплуатацию не должна превышать трех месяцев. Гарантии не распространяются на гидромашин, применяемые с отступлением от технических условий без предварительного согласования с заводом-изготовителем и при разборке гидромашин потребителем.

Ресурс аксиально-поршневых гидромашин - наработка до предельного состояния - должен составлять не менее 4000 ч работы при номинальных режимах, оптимальной вязкости и фильтрации, при этом допускается снижение объемного КПД не более чем на 15%.

Гидромашин, подлежащие хранению, должны быть законсервированы.

Хранить гидромашин следует в помещении, защищающем их от атмосферных осадков и имеющем температуру воздуха не ниже +5°C.

За время хранения гидромашин не реже одного раза в полгода нужно подвергать их осмотру с целью определения по внешнему виду надежности консервации.

При консервации гидромашин необходимо:

полностью слить рабочую жидкость, удалить с наружных поверхностей грязь, пыль и остатки рабочей жидкости;

тщательно промыть гидромашину в бензине;

внутренние полости залить чистой рабочей жидкостью, указанной в паспорте;

отверстия для присоединения трубопроводов заглушить заглушками или пробками из масло- и бензостойкой резины или полимерного материала;

неокрашенные наружные поверхности стальных деталей покрыть консервационной смазкой.

В рабочей жидкости и смазке, предназначенной для консервации, не должно быть влаги и механических примесей.

При расконсервации машин следует:

полностью слить консервационную рабочую жидкость из внутренних полостей;

удалить с наружных поверхностей остаток консервационной смазки, грязь, пыль;

тщательно промыть гидромашину чистым неэтилированным бензином и просушить.

### **ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВЫСОКОМОМЕНТНЫХ ГИДРОМОТОРОВ ТИПА МР**

Для обеспечения надежной эксплуатации высоко моментных гидромоторов типа МР их фланец должен опираться на плоскую и не деформируемую поверхность. Крепление необходимо производить винтами с упругими шайбами.

Если гидромотор предназначен для работы при большой угловой скорости с частым реверсированием, быстрым пуском и остановками, рекомендуется устанавливать в присоединительном фланце два калиброванных винта.

В тех случаях, когда гидромотор имеет жесткое соединение с исполнительным механизмом, необходимо обеспечить соосность валов, исключаящую возникновение изгибающего момента, который может существенно сократить срок службы подшипников. Допускается установка гидромотора на машине при любом положении вала.

Гидромотор должен быть соединен с магистральными трубопроводами, подводящими и отводящими рабочую жидкость, с помощью фланцев с уплотнительными кольцами круглого сечения. С внешней стороны фланцев имеется резьба для соединения с жесткими трубами или гибкими рукавами высокою давления. Для обеспечения герметичности стальные трубы, преимущественно холоднокатаные, должны быть соединены с фланцами бессварным трубопроводным соединением с врезающимся кольцом

Внутренние поверхности стальных труб подлежат тщательной очистке механическим способом или травлением кислотой с последующей нейтрализацией, исключаящей ржавление. В любом случае на поверхности труб не должно быть загрязнений.

Дренажная труба размером 10...12 мм соединяется непосредственно с баком для рабочей жидкости. Эта труба не должна иметь изгибов и заужений в связи с тем, что давление внутри корпуса гидромотора не должно превышать 0,15 МПа. В случае повышения давления может быть вы-

давлена уплотнительная манжета и нарушена герметичность между валом и корпусом. К дренажному трубопроводу не рекомендуется присоединять другие трубопроводы, отводящие утечки из других элементов гидросистемы.

При установке гидромотора необходимо следить за тем, чтобы дренажный трубопровод был расположен выше присоединительного фланца гидромотора. Это обеспечивает заполнение корпуса рабочей жидкостью и обильную смазку обоих подшипников эксцентрикового вала. Перед первым пуском в корпус гидромотора должна быть залита до уровня дренажного отверстия предварительно отфильтрованная рабочая жидкость. Это связано с тем, что гидромоторы имеют небольшие внутренние утечки и, пока корпус гидромотора заполнится рабочей жидкостью, возможна недостаточная смазка и, как следствие, механическое повреждение трущихся поверхностей.

Необходимо следить за величиной давления и температурой гидромотора во время работы. Повышенное давление и быстрый нагрев при работе на холостом ходу свидетельствуют о ненормальной работе.

Если температура окружающего воздуха очень низка, не рекомендуется давать полную нагрузку до тех пор, пока рабочая жидкость не **нагреется** до  $+5$  или  $+10^{\circ}\text{C}$ .

В зависимости от типа гидросистемы и условий эксплуатации фильтрующие элементы должны периодически очищаться и заменяться. Первую очистку фильтрующих элементов следует произвести после 8...10 ч работы.

Во время эксплуатации рекомендуется периодически проверять состояние крепления гидромотора, особенно в начальный период работы.

В период хранения все отверстия гидромотора должны быть закрыты пластмассовыми пробками-заглушками. Все внутренние поверхности деталей гидромотора должны быть смазаны рабочей жидкостью. Для предохранения от ржавления ведущий вал и соединительные муфты должны быть покрыты тонким слоем консистентной смазки. При этом условии гидромотор может храниться более шести месяцев. При более длительном хранении корпус гидромотора должен быть заполнен рабочей жидкостью, используемой в гидросистеме.

### **ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПОРШНЕВЫХ ГИДРОЦИЛИНДРОВ**

Перед эксплуатацией машины необходимо проверить: состояние хромированной поверхности штоков, чтобы они не имели механических повреждений (забоин и царапин);

убедиться в отсутствии обледеневшей корки на поверхности штоков в холодное время года;

в случае обнаружения участков поврежденной поверхности следует тщательно зачистить тонкой наждачной шкуркой, а образовавшуюся ледяную корку следует удалить с помощью тряпки, смоченной горячей водой

В процессе эксплуатации необходимо своевременно заменять изношенные уплотнения и подтягивать резьбовые соединения, не допуская утечки рабочей жидкости.

По окончании работы штоки должны быть втянуты в гидроцилиндры.

### **ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ И РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ГИДРОАППАРАТУРЫ**

Гидрораспределитель может быть установлен на машине в любом положении, однако, предпочтительным является горизонтальное положение. Это особенно важно для гидрораспределителей с электрогидравлическим управлением, так как находящиеся в нижнем положении элементы управления будут включаться медленнее.

Гидрораспределители следует устанавливать на машине с особым вниманием, не допуская малейшего загрязнения гидросистемы при подключении трубопроводов.

Поверхность для установки гидрораспределителей должна быть механически обработанной, ровной, исключаяющей перекося корпуса при затяжке крепежных болтов. Болты должны быть затянуты равномерно. В противном случае может произойти деформация корпуса и, следовательно, заклинивание золотников.

Для обеспечения герметичности присоединительных трубопроводов на корпусе гидрораспределителя имеются специально обработанные поверхности, позволяющие применять резьбовые соединения с уплотнительной кромкой и резиновые уплотнения круглого поперечного сечения. При этом ввинчиваемый в корпус штуцер не должен достигать дна отверстия.

Устанавливать гидрораспределитель на машине и подводить к нему трубопроводы необходимо таким образом, чтобы не возникали дополнительные усилия, действующие на корпус. Для исключения натяжения трубопроводов при установке и для компенсации температурных деформаций в случае охлаждения и нагрева в них следует предусматривать гибкие участки.

Трубопроводы должны быть предварительно очищены от загрязнений, протравлены кислотой, нейтрализованы раствором, промыты, продуты сжатым воздухом и смазаны рабочей жидкостью.

В гидрораспределителях с электрическим управлением утечки рабочей жидкости из дренажных каналов должны свободно сливаться по отдельным трубопроводам в бак для рабочей жидкости. Недопустимо соединение дренажных каналов с напорными или сливными трубопроводами, поскольку при этом замедляется включение и выключение золотников.

Для гидрораспределителей с электрическим управлением колебания напряжения в катушках электромагнитов не должны превышать  $\pm 5\%$  номинального значения.

Особое внимание должно быть обращено на обеспечение свободного доступа к клапанам для их регулировки и замены быстро изнашивающихся деталей во время эксплуатации гидрораспределителей.

Специальный уход за гидрораспределителем сводится к периодической проверке давления настройки клапанов и замене быстроизнашивающихся деталей. Для повышения ресурса детали предохранительных клапанов изготовлены из износостойких материалов, прошедших термообработку. Однако в первые 100..200 ч работы (в зависимости от условий работы и кинематической схемы машины) происходит приработка уплотнительных кромок, в связи с чем возможно снижение давления настройки предохранительных клапанов, снижение давления настройки вызывает дополнительный нагрев рабочей жидкости, уменьшает производительность машины и увеличивает износ клапанов из-за более частого их срабатывания. Поэтому в течение первых 100..200 ч работы необходимо следить за давлением настройки клапанов и периодически ее корректировать.

Для моноблочных гидрораспределителей, имеющих жесткую характеристику, настраивать вторичные предохранительные или переливные клапаны можно при расходе рабочей жидкости не менее 2 л/мин на давление, превышающее давление настройки первичного предохранительного клапана на 2,5...3,0 МПа. Для этого клапаны необходимо снять с машины и настроить с помощью специального приспособления. Для настройки клапанов можно использовать ручной насос с небольшим расходом. В состав приспособления обычно входит манометр, предохранительный клапан и набор плит стыкового соединения для крепления клапанов всех типоразмеров. Настраивать вторичные клапаны можно и на машине, но для этого необходимо предварительно настроить первичный предохранительный клапан гидрораспределителя на давление, превышающее номинальное на 6,0...8,0 МПа. Значение давления настройки вторичных клапанов выбирают в этом случае по их характеристикам в зависимости от расхода насоса с таким расчетом, чтобы при расходе больше 2 л/мин давление настройки клапанов превышало номинальное на 2,0..3,0 МПа.

Первичные предохранительные клапаны обычно настраивают непосредственно на машине при вязкости рабочей жидкости 20...30 сСт. Поскольку большинство современных машин с гидроприводом высокого давления оборудованы аксиально-поршневыми насосами, производительность которых автоматически изменяется в зависимости от давления, настраивать предохранительные клапаны нужно при минимальной производительности насоса. Если на машине установлен двоянный насос с суммирующим регулятором мощности, то необходимо полностью нагрузить оба качающих узла, чтобы быть уверенным в том, что регулятор установил качающий узел насоса на минимальную подачу. Это можно обеспечить простейшим приемом — довести поршни до упора в крышки гидроцилиндров, питающихся от разных качающих узлов одного насоса.

Тщательная очистка рабочей жидкости является непременным условием надежной и долговечной работы гидрораспределителей. Размер задерживаемых частиц загрязнений должен быть 40 мкм и менее.

Ресурс моноблочных гидрораспределителей при указанных выше условиях и соблюдении инструкции по эксплуатации составляет более 10 циклов включения, а срок службы - не менее четырех лет эксплуатации.

В гидрораспределителях с ручным управлением при длительном перерыве в работе необхо-



димо смазать консистентной смазкой выступающие концы золотников. Это исключит образование коррозии в теплое время года, а в холодное позволит легко удалить образовавшуюся корку льда.

### **ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ФИЛЬТРОВ**

В процессе эксплуатации необходимо сливать скопившиеся загрязнения из корпуса фильтра, промывать сетчатые фильтроэлементы или заменять загрязненные бумажные фильтроэлементы.

Обслуживание линейных фильтров заключается в периодической замене бумажных фильтроэлементов и промывке сетчатых фильтрующих дисков. Замена и промывка производятся при увеличении перепада давления на фильтре до 0,35 МПа. При отсутствии манометра для контроля перепада давления замена бумажных фильтроэлементов должна быть через 150...200 ч работы гидросистемы, а при промывке сетчатого фильтропакета ■ через 300 ч работы.

Рекомендуется промывать фильтропакет без разборки в чистом бензине с периодической очисткой фильтрующих поверхностей дисков мягкой волосяной щеткой. После тщательной промывки необходимо продуть фильтропакет сжатым воздухом через втулку и внутренние поверхности дисков.

При недостатке запасных чечевице образных сетчатых фильтрующих элементов допускается замена не более 10% выбракованных фильтрующих элементов распорной втулкой.

Предприятие-изготовитель должно гарантировать соответствие линейных фильтров требованиям ОСТ 22-883-75 при соблюдении правил эксплуатации и хранения, указанных в паспорте.

Гарантийный срок на фильтры установлен 18 месяцев со дня ввода в эксплуатацию.

Для фильтрующих элементов, изготовленных из проволочных сеток, гарантийный срок составляет 12 месяцев со дня ввода в эксплуатацию, но не более 1000 ч работы.

Для фильтрующих элементов со шторами из бумаги или нетканого материала - 6 месяцев со дня ввода в эксплуатацию, но не более 300 ч работы, для фильтроэлемента из нетканого материала - 200 ч, для бумажных фильтроэлементов — не более 12 месяцев со дня получения потребителем.

Указанные гарантийные сроки действительны для рабочей жидкости чистотой не выше II класса по ГОСТ 17216-71 для фильтроэлементов из проволочной сетки и нетканых материалов и не выше 9 класса для фильтроэлементов из бумаги АФБ-1 и БФМ.

Цилиндрические фильтрующие элементы по ТУ 63-РСФСР-43-74 и ТУ 63-1-74 из бумаги БФМ типа "Реготмас 440-1-05" с наружным диаметром 100 мм, высотой 194 мм и "Реготмас 460-1-05" с наружным диаметром 150 мм, высотой 185 мм поставляет КП "Пушкинский завод металлоизделий".

### **ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГИДРОФИЦИРОВАННЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

Специально проведенными исследованиями и подтвержденным многолетним опытом эксплуатации машин с объемным гидроприводом в широком диапазоне температуры окружающей среды установлено, что их работоспособность и надежность в наибольшей мере зависят от этой температуры, т.е. в сравнении с другими типами привода машины с объемным гидроприводом наиболее чувствительны к изменению внешней температуры [3]. Наибольшее отрицательное влияние на готовность машины к работе и на продолжительность ее рабочего цикла оказывают низкие температуры. При низких температурах возникают непроизводительные затраты времени на подготовку, запуск и прогрев гидросистемы, увеличиваются потери давления и силы трения в подвижных соединениях, возникают температурные изменения посадок (зазора или натяга), которые могут привести к отказам гидрооборудования. Кроме этого пуск дизельного двигателя при низких температурах более усложняется, особенно в тех случаях, когда его вал постоянно соединен с одно- или двухпоточными насосами, для вращения которых мощность устанавливаемых аккумуляторных батарей оказывается недостаточной. Следовательно, климат является одним из важнейших факторов, оказывающим влияние на работоспособность и надежность машин, эксплуатируемых на открытом воздухе.

Наиболее существенное влияние на работоспособность гидравлического оборудования оказывает резкое повышение вязкости рабочей жидкости с понижением ее температуры. Так, например, при изменении температуры на 90°C (от -20 до +75°C) вязкость всесезонного для районов с холодным климатом гидравлического масла МГ-15В (ВМГЗ) увеличивается в 30 раз, вязкость летнего сорта гидравлического масла МГЕ-46В (МГ-30) увеличивается в 500 раз, а вязкость моторно-

го масла Дп-8, используемого в качестве рабочей жидкости для шестеренных насосов типа НШ, в указанном диапазоне изменения температуры увеличивается в 1000 раз.

Следовательно, применение в гидросистемах машин в качестве рабочих жидкостей масел на нефтяной основе, даже с присадками, понижающими температуру их застывания, характеризуется высокими значениями градиента вязкости. Экспоненциальное изменение вязкости с понижениями температуры, а также высокое абсолютное значение вязкости рабочих жидкостей при низкой температуре являются наиболее важным фактором, обуславливающим особенности эксплуатации машин с объемным гидроприводом в условиях низких температур. Отсюда следует, что увеличение вязкости рабочей жидкости оказывает наибольшее негативное влияние на работоспособность насоса - основного агрегата гидросистемы в связи с увеличением сопротивления (потерь давления) во всасывающей магистрали, приводящим к незаполнению рабочего объема насоса в процессе всасывания.

В гидросистемах машин с шестеренными насосами даже при использовании промышленных и моторных масел, разбавленных керосином или дизельным топливом, разряжение на входе в насос достигает 0,08 МПа. Это в три раза больше значения, допускаемого заводом-изготовителем шестеренных насосов.

Анализ результатов исследования насосов при низких температурах показал, что их работоспособность определяется прокачиваемостью рабочей жидкости — комплексным критерием, учитывающим реологические свойства рабочей жидкости и всасывающую способность насосов. Прокачиваемость характеризуется критическим значением вязкости, выше которой возникает кавитация, вследствие чего рабочая жидкость насыщается воздухом, нарушается оплошность потока, снижается производительность и ресурс работы насоса.

Особую проблему представляет обеспечение работоспособности гидравлических систем, функционирующих при малом перепаде давления, а также гидравлических систем с малой интенсивностью циркуляции рабочей жидкости или относительно редко включаемых, в которых температура рабочей жидкости близка к температуре окружающего воздуха. К таким системам относятся весьма важные системы автоматического управления, системы дистанционного гидравлического и электрогидравлического сервоуправления, а также всасывающие магистрали насосов, наиболее чувствительные к гидравлическим сопротивлениям.

В условиях низких температур в начальный период пуска гидропривода имеет место так называемое "структурное течение" рабочей жидкости, характеризующееся упругими деформациями.

Пытаясь обеспечить быстрый пуск машины в работу, обслуживающий персонал вынужден разогревать не специальное масло в гидросистеме машины часто с нарушением требований, предусмотренных инструкциями по эксплуатации гидравлического оборудования. Разогрев гидросистемы открытым пламенем (факелами, паяльной лампой и другими средствами) не только ускоряет процесс старения, приводящий к необратимым остаточным деформациям в резиновых уплотнениях и рукавах, но и повышает твердость, приводит к появлению трещин и полной потере упругости — деструкции материала резинотехнических изделий.

Чрезмерное локальное воздействие на масло вызывает испарение ее легких фракций, ускоряет процесс окислительной полимеризации и приводит к образованию смол и асфальтенов — карбонов и карбоидов, отличающихся не только меньшим содержанием водорода и более тонкой окраской, но и являющихся нерастворимыми ни в каких растворителях.

Применение специально созданной для гидроприводов рабочей жидкости ВМГЗ (МГ-15В) в качестве всесезонного сорта в районах с холодным климатом и зимнего сорта в районах с умеренным климатом исключает перечисленные недостатки и решает главную задачу -обеспечивает пуск объемного гидропривода без предварительного подогрева при температуре воздуха до  $-55^{\circ}\text{C}$  и надежную эксплуатацию при температуре выше  $-40^{\circ}\text{C}$ . В случае отсутствия ВМГЗ (МГ-15В) допускается применение в качестве заменителя масло АУ в температурных пределах согласно рекомендациям по применению рабочих жидкостей.

Однако даже применение специального низкотемпературного сорта рабочей жидкости не устраняет полностью возникших в условиях низких температур трудностей, так как значительное охлаждение вызывает температурные деформации, нарушение посадок и изменение физико-

механических свойств применяемых материалов (пластичности, упругости, объема, линейных размеров и др.).

Надежность гидропривода в значительной мере определяется работоспособностью резиновых уплотнений, которые должны быть совместимы с рабочими жидкостями.

В условиях низких температур изделия из резины теряют эластичность, упругость и даже становятся хрупкими, не способными обеспечить герметичность соединений.

Сохранение эластичности и упругости резинотехническими изделиями при низких температурах окружающего воздуха и рабочей жидкости является наиболее важным условием обеспечения герметичности и на этой основе обеспечения надежной работы гидропривода.

Были подобраны марки резины для уплотнения неподвижных соединений В-14, поступательно движущихся соединений ИРГТ-3О28 и В-14-1 и вращающихся соединений ИРП-1287.

Уплотнения из резины этих марок совместимы с рабочими жидкостями ВМГЗ и МГ-30 и прошли длительные стендовые и эксплуатационные испытания при температуре до  $-58^{\circ}\text{C}$ .

Уплотнения из резины В-14 и В-14-1 работоспособны до  $-50^{\circ}\text{C}$ . В настоящее время уплотнения из резины В-14-1 устанавливают в насосы и гидромоторы, распределительную и регулирующую аппаратуру, выпускаемую многими заводами России.

Для уплотнения поршня гидро цилиндров должны применяться манжеты по ГОСТ 14896-69 V-образного сечения из резиновой смеси В-14-Ж, пятой группы по ТУ 38.005.204-71. Для уплотнения штока должны применяться резинотканевые (шеvronные) многорядные уплотнения из хлопчатобумажной ткани "доместик" (ГОСТ 1104-41) с промазочной резиной 51-3058.

Основными причинами возникновения наружных утечек и внутренних перетечек рабочей жидкости являются несоответствие поставляемых заводами РТИ уплотнений условиям их применения в гидросистемах машин, а также нарушения технологии изготовления уплотнений и посадочных мест, в меньшей степени — неправильная сборка и установка уплотнений, а также неудовлетворительное обслуживание и ремонт машин

При обнаружении деформированного или разрушенного уплотнения оно должно быть заменено аналогичными по размеру и сорту резины с соблюдением рекомендаций по разборке и сборке гидрооборудования. Соблюдение условий эксплуатации по величине внешних нагрузок и температуры, тщательное соблюдение рекомендаций по сборке гидрооборудования и трубопроводов является залогом длительной эксплуатации машин.

Надежность гибких рукавов высокого давления зависит от многих факторов, но наиболее важным из них является изменение давления по амплитуде и частоте. Многократные включения исполнительных механизмов определяют скачкообразное изменение давления и скорости потока рабочей жидкости в гидравлических системах, вызывают забросы давлений, превышающие номинальное (расчетное) значение.

На срок службы рукавов высокого давления большое влияние оказывает правильность их установки на машине. Необходимо обращать особое внимание на соблюдение рекомендуемого радиуса изгиба и исключение продольного скручивания, так как изгиб рукава радиусом, меньшим рекомендуемого, и продольный изгиб значительно увеличивают напряжение в оплетке и снижают ее прочность. В этом случае оплетка разрушается в зоне изгиба и разрывается стенка рукава, хотя существенного изменения формы сечения при этом не наблюдается.

Полученные в одинаковых условиях характеристики наиболее широко применяемых насосов на рабочей жидкости ВМГЗ (МГ-15В) показали, что шестеренные насосы обладают лучшей прокачиваемостью, но наиболее чувствительны к изменению вязкости. Они имеют меньший температурный диапазон высокого стабильного значения КПД, особенно при положительных температурах.

Аксиально-поршневые насосы обладают худшей прокачиваемостью в период пуска при низких температурах, но менее чувствительны к изменению вязкости жидкости и имеют наиболее широкий диапазон стабильного и более высокого КПД. В частности, аксиально-поршневые насосы типа 210.20... устойчиво работают при изменении вязкости от 8 до 1200 сСт, что соответствует температуре рабочей жидкости ВМГЗ (МГ-15В) в пределах от  $-40$  до  $-Н>5^{\circ}\text{C}$ .

Различные предельные значения вязкости жидкости для каждого типа насоса объясняются вязкостно-температурными свойствами рабочих жидкостей, а также конструктивными особенно-

стями насосов, в частности, величиной зазоров в качающем узле и сопротивлением всасывающего тракта. Установленные предельные значения кинематической вязкости рабочей жидкости, характеризующие режимы работы применяемых типов насосов, приведены в специальных справочниках [3].

При использовании в условиях низких температур магистральных фильтров с номинальным проходом 25, 32 и 40 мкм с бумажными и сетчатыми фильтроэлементами и тонкостью фильтрации 25, 40 и 63 мкм следует учитывать, что при вязкости рабочей жидкости более:

500 сСт (для масла ВМГЗ при  $T_{ж} = -30^{\circ}\text{C}$ ) и величине потока близкой к номинальной, потери давления резко увеличиваются и фильтры тонкостью фильтрации 25 и 40 мкм начинают перепускать рабочую жидкость на слив через перепускной клапан, минуя фильтрующие элементы, при перепаде давления выше 0,2...0,26 МПа;

1100... 1200 сСт (для масла ВМТЗ при  $T_{ж} = -40^{\circ}\text{C}$ ) величина фильтруемого потока для фильтра с тонкостью фильтрации 25 мкм составляет 50...60% номинального расхода, для фильтра с тонкостью фильтрации 40 мкм — 37,45% и для фильтра с тонкостью фильтрации 63 мкм — 50...58% номинального расхода.

### **ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ В РАБОТЕ ГИДРОПРИВОДА, ИХ ПРИЗНАКИ И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ**

В процессе работы мобильной машины ее детали изнашиваются, в результате чего изменяются их размеры и формы, возможно возникновение нарушения регулировки ее отдельных узлов и механизмов, ослабление креплений, нарушение герметичности системы, соосности валов, изменение зазоров и т.п. [9].

Изнашивание деталей любой машины — неизбежный естественный процесс. В результате изнашивания деталей в нормальных условиях эксплуатации имеет место так называемый естественный износ, возникающий на поверхности трения.

Неисправности мобильных машин с гидроприводом могут быть разделены на четыре основные группы:

неисправности, возникающие в машине в результате естественного износа деталей;

аварийные неисправности, возникающие в результате неправильного технического ухода и нарушения правил эксплуатации машин;

неисправности, связанные с неудачной конструкцией детали или узла;

неисправности, связанные с нарушениями технологии изготовления детали или узла.

Неисправности, возникающие в машине в результате естественного износа деталей, должны устраняться своевременно. При нарушении этого правила зазоры деталей начинают резко возрастать, в результате чего износ может перейти в аварийный, что повлечет за собой отказ и простой машины.

Аварийные неисправности, возникающие как следствие неправильной эксплуатации и приводящие к усталости металла, наиболее опасны. Повреждения деталей под действием повторной знакопеременной нагрузки вследствие усталости металла происходят неожиданно. Самыми распространенными являются аварийные неисправности, являющиеся результатом нарушения правил эксплуатации машин, вследствие чего усилия в отдельных деталях превышают допустимые и приводят к авариям. Неисправности, связанные с недостатками конструкции или нарушением технологии изготовления детали, встречаются реже и являются в основном следствием неправильного выбора размеров деталей или марки металла и т.д., или режима термообработки; или отступления от размеров, предусмотренных чертежом; или несоблюдения установленного технологического процесса обработки детали, а также нарушения технических условий сборки.

В процессе эксплуатации мобильных машин принимаются меры, направленные на уменьшение интенсивности износа деталей и предупреждение возникновения неисправностей (техническое обслуживание), а также своевременное их выявление и устранение (ремонтные работы).

При техническом уходе и ремонте необходимо тщательно анализировать причины, вызвавшие неисправности, критически оценивать условия эксплуатации машины. В результате такого анализа могут быть предложены новые эксплуатационные приемы и рекомендации по улучшению конструкции отдельных деталей и узлов. Своевременное выявление неисправностей по внешним признакам, определение причин их возникновения, а также быстрое их устранение является глав-

Лекции «Эксплуатация гидромашин, гидроприводов и средств гидропневмоавтоматики». Часть I  
ной задачей персонала, обслуживающего машины.