**Эксплуатация систем приводов. Лекции.**

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития техники особую актуальность приобретает проблема повы-шения эффективности технической эксплуатации машин. При проектировании новых образцов машин конструкторы стараются обеспечить минимальную потребность в техническом обслуживают при эксплуатации. Идеальной представляется такая ситуация, когда все обслуживание сво-дилось 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 суще-ственные издержки или могут привести к катастрофическим последствиям с человеческими жертвами. Это объекты авиационной техники, ракетно-космические объекты, машины и установ-ки транспортного назначения и многое другое. В них техническое обслуживание должно обеспе-чиваться независимо от степени совершенства объекта эксплуатации.

В настоящее время техническое обслуживание является трудоемкой и дорогостоящей сфе-рой 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 обору-дования. С учетом затрат на запасные части, текущий ремонт и обслуживание эти расходы со-ставляют 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 ос-новных из них относятся: уровень конструктивно-эксплуатационных свойств (надежность и экс-плуатационная технологичность), совершенство методов и средств технической эксплуатации, качество подготовки персонала, глубина проработки н научного обоснования программ техниче-ского 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 ре-монт в кратчайшие сроки и тем самым повысить долговечность.

Определением состояния технического объекта и характера его изменения во времени зани-мается техническая диагностика. Техническая диагностика - одно из средств определения каче-ства машин с целью повышения их надежности. Применение диагностики необходимо для реше-ния различных технических задач в различных условиях работы с ма¬шинами. 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 спе-циализированные ремонтные предприятия для проведения текущего или капитального ремонта;

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

при капитальном ремонте - оценка качества ремонта.

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

Структура технической диагностики включает в себя два взаи¬мосвязанных направления: теорию распознавания и теорию контролеспособности. Теория распознавания, которую многие исследо¬ватели 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 диа-гностической 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 обеспе-чивается конструкцией изделия и системой технического диагностирования.

Организация технической диагностики представляет собой комплекс действий, среди кото-рых следует назвать разработку методологических основ процесса, выбор и создание технологи-ческих средств диагностики, решение организационных вопросов самою 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 та-кой 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 спе-цификой 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 опре-делением основных физических процессов, протекающих в элементах гидропривода, и влияния их на выходные функциональные параметры гидросистемы;

разработка и построение диагностических моделей гидросистем и отдельных функциональ-ных участков;

разработка алгоритмов оценки технического состояния гидросистемы ,а период эксплуата-ции, при выполнении технического обслуживания и в условиях ремонтного предприятия;

разработка и внедрение устройств встроенного контроля технического состояния гидроси-стемы и ее компонент;

разработка инструментальных средств и методов контроля технического состояния гидроси-стемы в процессе технического обслуживания и ремонта;

разработка и внедрение автоматизированных средств контроля;

разработка вопросов прогнозирования динамики технического состояния агрегатов гидроси-стемы в процессе эксплуатации и оптимизации па этой основе периодичности и объемов регла-ментных работ но техническому обслуживанию.

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

Термины и определения, касающиеся теории надежности, рег¬ламентируются ГОСТ 13377-75.

Надежность - одно из основных свойств, определяющих качество изделия. Надежность изде-лия - 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 - тех-нической 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 от-каз возникает в результате скачкообразного изменения одного или нескольких параметров, а по-степенный - 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, возникаю-щие самостоятельно, и зависимые, являющиеся следствием других, ранее возникших отказов.

Иногда объект после отказа какого-либо элемента еше сохраняет работоспособность и мо-жет быть частично использован, В этом случае по возможности использования объекта различают полный отказ, до устранения которого использование объекта по его назначению становится не-возможным, 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 неяв-ным.

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 отка-зы, возникшие вследствие скрытых дефектов в процессе испытаний или приработки. Такие отка-зы 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 нецелесообраз-на из-за невозможности поддержания эффективной эксплуатации на допустимом уровне, сохра-нения условий безопасности или ремонт требует больших затрат.

При анализе надежности любой технический объект рассматривается как система, подси-стема или элемент.

Система - это совокупность совместно действующих объектов, которые предназначены для самостоятельного выполнения установленного задания. Система может разделяться на подсисте-мы, каждая из которых предназначена для выполнения определенной части общего задания. Эле-мент - 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, гидро-трансмиссии и др Элементами являются насосы, гидроцилнндры и другие автономные узлы гид-ропривода.

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

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

Например, давление В гидросистеме позволяет судить о ее функционировании, так как па-дение 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 пара-метрами 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 при-знаками. К ним можно отнести, кроме рассмотренного выше давления, подачу насоса, усилие на штоке гидроцилиндра, скорость движения исполнительных механизмов и другие параметры, яв-ляющиеся нормированными характеристиками объекта в соответствии с технической документа-цией.

Кроме прямых признаков при диагностировании используются косвенные признаки. Такие признаки непосредственно не связаны с работоспособностью объекта, они проявляются как до-полнительные при функционировании объекта. К ним, в частности, относится скорость загрязне-ния 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 эко-номически 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 опреде-ленная норма вероятности достижения предельного состояния.

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

Техническое обслуживание, но наработке является в настоящее время основным для гидро-приводов. Техническое обслуживание и ремонты проводятся в строго установленные сроки в за-висимости от наработки объекта, в котором используется гидропривод. Для этого предусматрива-ется 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 (ре-зервирование по временя). 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 мате-риальные затраты на приобретение обменного фонда запасных частей.

Существенным недостатком является и то обстоятельство, что неоправданные проверки аг-регатов 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 систе-мой, позволяющей избежать недостатков, присущих системе ПТТР. Такая система позволяет ис-пользовать фактический запас работоспособности конкретного агрегата с учетом неизбежности отклонений конструктивных и технологических параметров в процессе производства и эксплуа-тации.

Техническое обслуживание и ремонт по состоянию могут быть двух видов с контролем па-раметров и контролем уровня надежности.

Техническое обслуживание и ремонт с контролем параметров предусматривают эксплуата-цию гидропривода до предотказного состояния.

ДЛЯ эффективного применения этой системы необходимо разрабатывать способы обнару-жения (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 объ-екта должна быть обеспечена резервированием систем или агрегатов. Техническое обслуживание с контролем надежности условий требует непрерывного анализа результатов эксплуатации с це-лью обеспечения оперативного реагирования на появление отказа, проведение настроечных и ре-гулировочных работ, соответствующего ремонта или замены агрегатов и т.д. Для этого должны быть спланированы и осуществлены мероприятия по созданию необходимых для ремонта: созда-ны 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 гидропри-вода. Общие требования эксплуатационной технологичности, следующие [1]:

конструкция гидропривода должна обеспечивать возможность обнаружения внешней не герметично ста без проведения демонтажных работ;

определение внутренней негерметичности должно проводиться без демонтажа агрегатов,

к трубопроводам должен быть обеспечен свободный доступ для проверки их состоя-ния 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 не-большим назначенным ресурсом.

Эксплуатационная технологичность характеризуется обобщенными и единичными количе-ственными показателями. Группа обобщенных показателей характеризует свойства конструкции в целом и определяется суммарными затратами времени, труда и средств на техническое обслу-живание, ремонт, профилактические работы и т.д., т.е. показателями периода пребывания техно-логического оборудования и машин в неработоспособном состоянии за определенное время экс-плуатации.

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

(1.1)

где То - наработка на отказ, Тв - 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 коэф-фициенты доступности Кд, легкосъёмность KN, взаимозаменяемости Кв, контролепригодности Кк, унификации и стандаргизации Ку. Коэффициент доступности

(1.2)

где Тм — трудоемкость выполнения работы в условиях ремонтного предприятия, чел.-ч; ТЦС - трудоемкость выполнения работы непосредственно на месте эксплуатации, чел.-ч; Тдд, - трудоемкосп, дополнительных работ (снятие и установка крышек, люков, демонтажа рядом уста-новленного оборудования, не подлежащего ремонту и т.д.), чел,-ч.

Легкосьемность агрегатов характеризуется коэффициентом

(1.3)

где ДТд.л), " превышение трудоемкости демонтажно-монтажных работ по сравнению с нор-мированным значением Тдд, приведенным в нормативно-технической документация или приня-тым но аналогии с подобным изделием.

Коэффициент "

(1.4)

где Т[1Д - трудоемкость подгоночных и проверочно-регулировочных работ при замене агре-гата, чел.-ч.

Коэффициент контролепригодности

(1.5)

где Т, - трудоемкость контроля i-ro агрегата, не требующего демонтажа; Т, - трудоемкость контроля j-ro агрегата, требующего демонтажа; к, и Ц -частота контроля агрегатов (в течение межремонтного периода), не требующих и требуюших демонтажа соответственно; пт н Пн — число агрегатов, требующих и не требующих демонтажа для контроля соответственно.

Уровень унификации и стандартизации оценивают коэффициентом

(1.6)

где Ny - число унифицированных деталей и узлов в гидроприводе; Nu.y. -число неунифици-рованных деталей и узлов.

1.3. Планирование технического обслуживания и ремонтов

Планирование технического обслуживания и ремонтов заключается в выборе таких перио-дов времени между техническим обслуживанием и ремонтами и определении такого объема ре-монтных и профилактических работ, которые бы позволили эксплуатировать объект с макси-мальной 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 увели-чении возрастает опасность отказов и уменьшение общего ресурса [3].

При принятой системе планов о-предупредительно го обслуживания и ремонта предусмат-риваются 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 нара-ботки 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 резуль-тате катастрофы). Однако зачастую такие действия экономически неэффективны. Не следует за-бывать 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 гидро-привода планируют с учетом периодичности ремонтов машины в целом. С другой стороны, си-стема обслуживания и ремонта машины должна учитывать вероятность отказов гидропривода,

В промежутках между периодическими ремонтами выполняется межремонтное обслужива-ние для предупреждения отказов и ликвидации их последствии. Межремонтное обслуживание включает в себя периодические, заранее планируемые осмотры, при которых производят профи-лактические 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 обслужива-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 работоспо-собности 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 Т„ ремонта машины определяется содержанием ре-монтных 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 действитель-ных 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 Тср здесь определен как время, соответствующее максимуму кривой, т. е. максимальной вероятности выхода из «роя данного объекта. Весь срок службы может быть разде-лен на к участков, по числу межремонтных периодов Тл, при этом назначенный фактический срок службы Тф = к Т„. В зависимости от величины рассеяния сроков службы деталей при среднем сроке службы Тср большем, чем период времени до п-го планового ремонта {Тср> п Тп), возмож-ны следующие варианты назначения Тп и соответственно планы ремонтных работ.

1. Ремонт детален и узлов осуществляется при n-м плановом ремонте, т.е. назна-чается Тф1= п-ТП 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 а от-каза невелика, а вероятность безотказной работы P(t) находится в пределах заданных норм

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

Гф2= (п -I) Т„. В этом случае обеспечивается высокая безотказность работы машины, так как Тф2 < Тер, в то же время назначенный срок службы сокращается и недоиспользуется полностью потенциальная надежность машины.

3. При (п -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 (п -1)-м или при п -м ремонте. Этот вариант ремонта обеспечивает наибольшее использование по-тенциального срока службы с одновременной гарантией высокой безотказности работы машины. Однако он требует дополнительных затрат на диагностику, выявление причин потерн работо-способности 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 ми-нимума 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 Со , средние за-траты на плановое восстановление Сп, функция распределения отказов <о(Тп) Если произошел от-каз в межремонтный период, то выполняется внеочередное восстановление.

Средние затраты иа восстановление:

(1.7)

Удельные затраты на восстановление:

(1.8)

Величину межремонтного периода Т„, соответствующего минимальным удельным затратам, можно получить, продифференцировав уравнение (1.8) и приравняв нулю производную дс/дТп:

(1.9)

Для определения периода планового вое стан овленш необходимо знать закон распределе-ния отказов оэ(Т„), который может быть получен статистической обработкой данных эксплуата-ции машины, т.е. этот метод может быть использован для корректировки принятой системы ре-монтов с целью большей ее эффективности.

При больших Тп система планово-предупредительных ремонтов вырождается в систему ре-монта по отказу, так как доля плановых восстановлений стремится к нулю.

По второму' способу (максимуму обобщенной вероятности безотказной работы) период вос-становления определяется следующим образом.

В зависимости от характера неисправности надежность эксплуатируемого объекта, опреде-ляемая через вероятность безотказной работы Р((), может изменяться по-разному. Неисправность может вызвать отказ объекта (случай I) или привести его в состояние, приближающееся к пре-дельному (случай П). В первом случае вероятность безотказной работы P(t) резко снижается

(1.10)

Во втором случае после появления неисправности в момент времени to вероятность безот-казной работы Р(1) может скачком уменьшиться на величину ЛР0 , а затем монотонно снижаться по некоторому закону

(1.11)

Отказ возникает в момент времени, когда вероятность безотказной работы становится рав-ной критической величине Ркр, определяемой вероятностью безотказной работы при предельном состоянии объекта. При этом

(1.12)

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

Положим, что на устранение неисправности сразу же после ее появления затра-чивается время т„, в течение которого машина снимается с эксплуатации, а при устранении неис-правности во время очередного технического обслуживания машины потребует время на восста-новление Ртв, где (3 - постоянный коэффициент. На рис. 1.2 показан характер изменения P(l) и Кг на интервале (О, ТП) при устранении неисправности сразу же после ее проявления в момент вре-мени to (рис. 1.2,а) и через некоторый промежуток времени (рис. 1.2,6).

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

(1.14)

Линеаризуя изменение вероятности безотказной работы P(t) на интервале (to, Tn), положим <а(1) = at. Изменение вероятности безотказной работы на интервале (О, ТП) будет определяться выражением

(1.15)

На интервале (О, Т„ - Ртв) среднее значение

(1.16)

Среднее значение обобщенного показателя надежности на интервале (0,Т„) для первого и второго случаев

(1.18)

Предельно допустимое время устранения неисправностей определяется из условия P(j]= Рог. при котором нет потери надежности. Раскрыв последнее выражение, получим

(1.19)

Данное выражение позволяет при известных значениях Р, г, на рассчитать время ремонта Тп. Для случая а = 0, когда после возникновения неисправности величина безотказной работы уменьшается на величину ДРо и далее остается постоянной, уравнение (1.18) упрощается

(1.20)

Из последнего уравнения определяется периодичность ремонтов

(1.21)

Из выражения (1.20) следует, что при ДРо = 0, когда неисправность не снижает надежность, Ttr>o°. 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 за-пасные части, номенклатура которых должна отражать характер типичных повреждений, возни-кающих в приводе, а их количество соответствовать потребности, исходя из сроков службы и ме-тодов ремонта.

Наличие запасных частей значительно сокращает время и стоимость ремонта и, как правило, позволяет полностью восстановить утраченную работоспособность, поскольку эти детали изго-тавливаются в тех же условиях, что и установленные в приводе, и обладают необходимыми пока-зателями надежности. Это дает большой экономический эффект, увеличивает межремонтный пе-риод и способствует эксплуатации машин в различных условиях. При отсутствии запасных частей приходится ремонтировать вышедшие из строя узлы и детали в условиях обслуживающего пред-приятия, что отрицательно сказывается на их надежности и, соответственно, на надежности гид-ропривода и всей машины.

Правильное планирование необходимого количества запасных частей является сложной за-дачей.

Во-первых, не всегда можно установить номенклатуру потенциально ненадежных частей на стадии проектирования новой машины. Отсутствие данных о скорости изнашивания, интенсивно-сти отказов и сроках службы, недостаточная информация об эксплуатации прототипов или анало-гичных 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 иди имеющих место эксплуатационных нагрузок и условий работы и ремонта. Поэтому часто трудно оценить даже средние значения сро-ков службы и по ним потребность в объеме запасных частей.

Задача выбора номенклатуры запасных частей решается также с учетом технологии восста-новления и ремонта Состав запасных элементов зависит от принятой диагностики отказов, пото-ков 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 ремонтопригодности.

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

Пусть средний ресурс машины Трср на оси времени (рис.1.3)

отображается отрезком ОА. Отрезок 0-1 соответствует ресурсу "Гц до первой замены эле-мента.

В точке 2 произойдет вторая замена, тогда отрезок 1-2 будет соответствовать ресур-су Т, запасного элемента, при этом Т3= 5-Тн , где 5 - коэффициент восстановления ресурса, кото-рый определяется по езультатам эксплуатации подобных элементов. Для оценочных расчетов 8 = 0,3...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

(1.22)

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

(1-23)

запасных элемент.

Приведенная формула не учитывает то обстоятельство, что средний ресурс у отдельных об-разцов 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 Тя среднеквадра-тичное отклонение ресурса как новых, так и замененных элементов ат и коэффициент восстанов-ления ресурса б. К моменту первой замены средний ресурс составит Т[ = Т'н, к моменту второй замены Тг = Тн + Тз = "Гц (1 + 5), к моменту i-той замены - Т;=Тн-[1+8(1-1)] и т.д.. Вероятность отказа элемента пои каждой замене

(1.24)

гдеФ{( - функция Лапласа.

Общее число замен элементов (число запасных частей), необходимое для одной машины на весь срок эксплуатации Tpitp,

(1-25)

де m — максимальное число замен.

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТРЕБОВАНИЯ

К ТЕХНИЧЕСКОМУ БСЛУЖИВАНИЮ ГИДРОПРИВОДОВ

Гидравлическое оборудование, устанавливаемое на строительных, дорожных и других мо-бильных машинах с объемным гидроприводом, эксплуатируется на открытом воздухе при широ-ком диапазоне изменения температуры в условиях, характеризуемых повышенной запыленностью 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 фак-торами [3].

Параметры гидравлического оборудования в процессе эксплуатации и хранения на откры-том воздухе могут изменяться в пределах норм, установленных технической документацией. Мо-бильные машины и промышленное оборудование с гидроприводом, предназначенные для эксплу-атации и хранения в условиях, установленных ГОСТ 15150-69 "Машины, приборы и другие тех-нические изделия для различных климатических районов", должны быть работоспособны при ра-бочих значениях климатических факторов внешней среды в интервале изменения температуры окружающего воздуха:

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

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

от -10 до +45°С в районах с тропическим или влажным климатом (климатическое исполне-ние 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 гид-ропривода показали, что основными факторами являются: климатические условия, эксплуатаци-он¬ные свойства и степень чистоты рабочих жидкостей, а также уровень технического обслужива-ния 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, сни-жению надежности и производительности машин с объемным гидроприводом, а иногда, и к отка-зу.

Поэтому соблюдение требований по эксплуатации машин, качест¬венное, полное и своевре-менное проведение технического обслуживания, своевременная замена изношенных деталей, ис-ключение перегрузок и соблюдение скоростного режима работы машины являются важными условиями уменьшения износа и повышения ресурса работы гидрообо¬рудования. Особенно важ-ными являются соблюдение рекомендаций заводов-изготовителей машин по обеспечению свое-временной смазки ■фущихся деталей машин (режимы смазки, марки масел и рабочих жидко-стей).

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

Наблюдения за эксплуатацией землеройно-транспортных и других строительных и дорож-ных машин показывают, что значительное коли¬чество отказов возникает из-за несоблюдения пра-вил эксплуатации и неудовлетворительного технического обслуживания; иногда машины посту-пают в ремонт, не выполнив предусмотренной нормативами пока¬зателей выработки.

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

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Техническое обслуживание представляет собой регламентированный, регулярно проводи-мый 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 об-служивания 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 осу-ществлять ремонтные работы по плану.

Система планово-предупредительного ремонта машин характеризуется следующими основ-ными положениями:

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

каждый периодический ремонт выполняется в объеме (устанавливаемом осмотром), кото-рый 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 со-держания 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 соответ-ствии с современными требованиями. Основными мероприятиями, позволяющими повысить уро-вень технического обслуживания машин с гидроприводом, являются:

организация специального обучения машинистов в профессионально-технических учили-щах по устройству и эксплуатации гидравлического оборудования, получение практических навыков по управлению машинами и их обслуживанию;

ознакомление машинистов на зав оде-изготовителе с новой машиной, получение практиче-ских навыков по управлению и обслуживанию;

изучение опыта работы машинистов-передовиков производства по обеспечению работоспо-собного 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 диагности-ки за состоянием работы ги дро о бор удов ан ия;

создание ремонтных мастерских, оснащенных современным оборудованием для техническо-го 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 эф-фективность работы машин с гидроприводом.

ПУСК В РАБОТУ ГИДРОПРИВОДОВ

Эксплуатация гидропривода начинается с подготовки к пуску в работу, яажной частью ко-торой 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 гидро-приводы указываются дата консервации, материалы, применяемые для консервации, условия хра-нения и срок защиты без пере консервации.

Гидроприводы и гидравлическое оборудование, поставляемое для ремонта, по конструктив-ным 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 обеспе-чивать 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 уль-трафиолетовой радиации, пыли, песка, аэрозолей Применяется для защиты внутренних поверхно-стей;

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

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

Для защиты от коррозии внутренних полостей гидрооборудования и гидроприводов приме-няют рабочие жидкости или консервационные масла с вариантами временной противокоррозион-ной защиты по ГОСТ 9.014-78. Применяющиеся в гидромашиностроении варианты защиты при-ведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Варианты внутренней упаковки изделий регламентируются ГОСТ 9.014-78. Ниже приведе-ны нарианты, используемые для упаковки элементов гидропривода.

ВУ-1. Упаковка изделия осуществляется в упаковочный материал на основе бумаги или тка-ни с ограниченной волом ас лопроницаем остью. Упаковочный материал применяется в виде ли-стов, 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, упаковоч-ную битумированнуто и дегтевую бумагу, оберточную бумагу, пропитанную средствами вре-менной противокоррозионной защиты, льняную упаковочную ткань, пропитанную консерваци-онным маслом или смазкой и т.п. Перечисленные упаковочные средства имеют условное обозна-чение 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 из-делие упаковывают (без герметизации) в водонепроницаемый маслостойкий материал с паропро-ницаемостью не более 0,5 г/м2-сут при 20°С относительной влажностью воздуха 100%. В качестве дополнительного упаковочного материала применяют полиэтиленовую пленку толщиной не ме-нее 0,15 мм и другие материалы с указанной паропроницаем остью.

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

упаковочный материал имеет паропроницаем ость до 5г/м -сут.

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

ВУ-5. Отличается от варианта ВУ-3 тем, что дополнительная упаковка герм етизиру ется.

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

ВУ-9. Предусматривается применение заглушек из полиэтилена для герметизации отвер-стий в изделии. Этот вариант используется совместно с другими вышеперечисленными варианта-ми.

В эксплуатационной нормативно-технической документации указываются способы и сред-ства расконсервации гидроприводов и гилрооборудования. Способы расконсервации зависят от принятой системы антикоррозийной защиты.

Варианты ВЗ-1 и ВЗ-2. Поверхности, подвергнутые консервации, протирают хлопчатобу-мажными сачфетками 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 рези-новой промышленности Б-70. После протирки поверхности обдувают теплым воздухом или про-тирают насухо.

Вариант ВЗ-4. Расконсервация проводится аналогичным способом. При загустении смазки дополнительно можно применять оплавление пластичной смазки в камерах или ваннах с мине-ральными маслами при температуре ПО... 120 С с протиранием ветошью или бязью и последую-щим 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, инди-каторных 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 материа-лов с ингибиторов, продувку полостей сжатым воздухом. Водно-спиртовые растворы ингибитора, порошка ингибитора, наплавленного на поверхность изделия, удаляют промывкой водой с после-дующей сушкой.

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

От правильного пуска в работу во многом зависит долговечность гидропривода. Часто отка-зы (преимущественно носящие технологический характер) возникают в процессе пуска. Поэтому разработан строго определенный порядок первого после изготовления, хранения или ремонта за-пуска 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 осуществ-ляться только через фильтры с размером ячеек не более 20 мкм. В линейных фильтрах фильтру-ющий материал должен иметь размер ячеек не более 40 мкм.

ослабить регулировочный винт предохранительного клапана;

проверить положение рабочих органов и распределителей. Распределители должны нахо-диться 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 жид-кости, распределители должны быть поставлены я 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 уста-новить минимальную скорость вращения. В случае привода от электродвигателя проверить пра-вильность направления вращения;

проверить работоспособность насоса, замерив давление в напорной магистрали, или визу-ально 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 номи-нального;

проверить работоспособность гидропривода с нагрузкой, вначале половинной, а затем пол-ной,

при всех нагрузочных режимах убедиться в отсутствии пены на поверхности рабочей жид-кости в баке. При наличии пены проверить герметичность всасывающего трубопровода, работо-способность 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 стан-ций. При ручной заливке необходимо принять меры по предупреждению попадания загрязнений в систему: использовать только чистые сосуды с крышкой, заливочные фильтры с тонкостью филь-трации не менее 80...160 мкм и т.и Однако из-за низкой пропускной способности сеток заливных фильтров на заправку требуется значительное время и не исключает внесение в систему зшрязне-ний.

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 необходи-мости - профилактическую очистку гидропривода.

ВИДЫ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

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

Таким образом, техническое обслуживание является важной и обязательной частью рабоче-го 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 со-вокупность взаимосвязанных исполнителей, технических средств и рабочих дейсвий, необходи-мых для поддержания и восстановления приводов в работоспособном состоянии в процессе экс-плуатации.

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 обслужившшя: 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-предупредшельного ремонта машин [4].

В зависимости от назначения, объема и состава работ, а также периодичкости 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, эксплу¬атирующих машины, и ремонтных предприятий, регла-ментированы периодичность и трудоемкость разных видов технического обслуживания Харак-терными работами для ежесменного технического обслуживания являются: осмотр, смазка, за-правка и опробование машины до начала ее работы; и в некоторых случаях удаление воды из си-стемы охлаждения по окончании работы машины.

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

При выполнении периодических обслуживании добавляются работы по смазке и регулиров-ке узлов, которые присущи данному виду обслуживания, кроме того, могут заменяться уплотне-ния, гибкие рукава, трубопроводы, фильтрующие элементы и т.п. работы.

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

В состав последующего технического обшгуживанкя входят все предшествующие работы, характерные для данного номера технического обслуживания. Например, в состав работ техниче-ского обслуживания №2 (ТО2) должны входить работы: ежесменного технического обслуживания (ЕО)нТО1.

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

Гидропривод, как правило, является составной частью машины. Поэтому процесс техниче-ского обслуживания гидропривода также составляет часть работ по обслуживанию машин в це-лом 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 (ТОЗ), текущий ремонт, сред-ний ремонт, капитальный ремонт. Сроки проведения этапных работ обычно согласуются со сро-ками выполнения таких работ для всей машины и корректируются в процессе эксплуатации с учетом конкретных условий использования машин. Для мобильных строительно-дорожных ма-шин сроки технического обслуживания составляют; для ТО1 - 200...250 ч., для ТО2 - 350...450 ч. ТОЗ обычно совпадает с сезонным обслуживанием и проводится в среднем через 800...1200 ч.

Для мобильных машин с гидроприводом характерно уменьшите объема технического об-служивания, сокращение времени и затрат на его проведение, которое предусматривается на ста-дии проектирования машин. При проектировании машин с гидроприводом используется агрегат-но-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 меропри¬ятиями являются организация планирования и выполнения технического обслуживания; создание необходимой материальной базы для его осу-ществления; проведение контроля по своевременному и качественному выполнению техническо-го 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 эксплуата-ционных материалов.

Техническое обслуживание гидравлического оборудования следует выполнять одновремен-но с установленным порядком технического обслуживания для мобильных машин с гидроприво-дом.

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 эксплуата-ции необходимо завести журнал, в котором указывать условия эксплуатации, периодичность об-служивания и состояние гидрооборудования. Это позволит в любое время сравнить замеренные при осмотре гидромашины параметры с параметрами при вводе ее в эксплуатацию, своевременно обнаружить неисправности и контролировать выполнение обслуживающим персоналом требова-ний инструкций по техническому обслуживанию или паспорта.

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

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

Обслуживание гидролиний заключается в постоянном наружном осмотре, подтяжке деталей соединений и устранении течей жидкости. При наружном осмотре следует следить за отсутстви-ем задиров, вмятин и других дефектов на поверхности жестких трубопроводов, и повреждения наружного слоя гибких трубопроводов. Следует проверить состояние деталей крепления и ограж-дения гибких трубопроводов. При смене рабочей жидкости следует проводить очистку и промыв-ку 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 экс-плуатации вплоть до устранения этих неисправностей.

Особое внимание должно быть уделено обслуживанию фильтров, так как они в значитель-ной степени определяют долговечность всего привода и его элементов. Обслуживание фильтров включает в себя удаление отстоя из корпуса, промывку или замену фильтр о элементов. Филь-трующие элементы сетчатых фильтров промывают приблизительно через 200., 300 ч, магнитосет-чатых - через 200 ч, магнитных - через 500 ч, тканевых - через 150...200 ч. В пластинчатых филь-трах 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 эксплуата-ции машин с гидроприводом, необходимо внешним осмотром проверить уровень рабочей жидко-сти в баке, герметичность гидросистемы и устранить причины обнаруженного подтекания рабо-чей жидкости. В случае разборки гидрооборудования необходимо закрыть заглушками или крыш-ками 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 неза-висимо от периодичности и трудоемкости обслужи¬вания элементов гидропривода.

Наряду с качественным и полным техническим обслуживанием основными задачами обслу-живающего персонала являются своевременное определение причин возникновения неисправно-стей и их устранение по внешним признакам. Надежность работы машин во многом определяется знанием конструктивных и эксплуатационных особенностей гидрообо¬рудования, умением я опы-том 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 ре-монту.

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 предприя-тием-изготовителем основные параметры и технические характеристики. Инструкция может от-носиться к отдельному типоразмеру машины или гамме однотипных машин, отличающихся зна-чениями 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 до-кументов 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 характери-стики;

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 обя-зательства 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 обозна-чение, 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 харак-теристику и параметры изделия.

Раздел «Устройство, работа машины и ее составные части» содержит изображение машины с обозначением се 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 но экс-плуатации 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 техно-логических действий. Указывается объем и сроки технического обслуживания, а также даются диагностические карты неисправностей, причин их возникновения и способов устранения. Ин-формация представляется в виде технологических карт, пример одной из них показан в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Обязательным разделом инструкции является перечень возможных неисправностей. Этот раздел оформляется в виде диагностических карт на всю машину или раздельно по системам ма-шины. 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 а машине, указанная в перечне, должна быть пред-ставлена 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, регистра-ция в государственных органах, обслуживание и ремонт сторонними организациями, рекламации и др.

Технический паспорт содержит следующую информацию:

основные сведения об изделии: наименование и индекс, наименование предприятия изгото-вителя, 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 рекла-маций;

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 заверя-ются 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 пе-риодическом 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 ремон-та, 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. Сервис-ный паспорт объединяет в себе технический паспорт и некоторые разделы формуляра и заменяет оба эти документа. Сервисный паспорт удобен в условиях, когда техническое обслуживание и ре-монт выполняются специализированными предприятиями по договорам с организациями, экс-плуатирующими машины. Пример такого документа приведен в прил.З.

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОПРИВОДОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Изменение технического состояния гидравлических приводов при эксплуатации происходит вследствие изнашивания элементов, коррозии, накопления пластических и усталостных повре-ждений, изменения свойств материалов, изменения характеристик рабочей жидкости и ряда дру-гих факторов. Рассмотрим основные яз них.

При эксплуатации сопряженные детали гидропривода вследствие трения постепенно изме-няют размеры и форму (изнашиваются). Изнашивание происходит вследствие взаимодействия по-верхностей сопряженных деталей и воздействия на них внешней (жидкой или газовой) среды. В результате такого взаимодействия происходит упругопластическое деформирование поверхност-ных слоев трущихся деталей, что приводит к возникновению и развитию вторичных физических, химических и механических процессов. Интенсивность (скорость) процессов, возникающих а по-верхностных слоях металла, зависит от закономерностей процесса трения и особенностей упру-гопластического 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 сопрягае-мых деталей вследствие определенных условий (большое прижимающее усилие, плохо подобран-ная или отсутствующая смазка и т.п.) находятся гак близко одна к другой, что выступы шерохова-тостей поверхностей соприкасаются (рис 2.1,а).

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

При этом контактирующие выступы шероховатостей под действием сжимающего усилия и относительного движения деталей сминаются, срезаются и схватываются. Контактные давления резко изменяются (рис 2.1,6). Процесс сопровождается шумом, локальным повышением темпера-туры 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 отсут-ствует рис.2.2.

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

В зазоре находится жидкость, структуру слоя которой можно представить в виде погранич-ных слоев, примыкающих к соответствующим поверхностям. При этом толщина пограничного слоя соизмерима с величинами выступов шероховатости и зазором между поверхностями, вслед-ствие 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 сло-ев 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 Р, , которое вызывает в теле этого выступа переменные напряжения. Под их действием вначале возникает не-большая трещина (рис 2.3,6), которая со временем развивается (рис 2.3,в и г). Процесс заканчива-ется 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 изнаши-вания 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 одинна другой. В середине зазора образуется ядро потока, скорость которого равна разности ско-ростей 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 соче-тания величины сжимающей силы, относительной скорости движения деталей, параметров сма-зывающей 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: гидро эрозионное, глдроабра-зивное, кавитационное, окислительное, изнашивание при фреттинге [6].

Гидроэрозионное изнашивание определяется воздействием жидкости на твердые поверхно-сти на молекулярном уровне. Такое изнашивание проявляется при жидкостном трении н характе-ризуется сравнительно малой шггенсивностью, интенсивность эрозионного разрушения повыша-ется при увеличении зшрязненяоети рабочей жидкости.

Гидроабразивное изнашивание объясняется наличием в жидкости твердых частиц загрязне-ний. 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 возникно-вении кавитационного процесса и является аварийной ситуацией. Процесс кавитации представля-ет собой потерю сплошности и образование внутри жидкости паровых или газовых каверн. При схлопывании таких каверн удары частиц жидкости о поверхность летали вызывают ее местный нагрев, который в сочетании с ударами приводит к интенсивному разрушению металла. Кавита-ционный режим работы является распространенным для гидравлических насосов при отказах си-стемы всасывания. Такой режим работы сопровождается шумом и повышенным уровнем пульса-ции 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 пони-жается с повышением уровня загрязненности ее твердыми частицами, на поверхности которых адсорби¬руется тонкий слой воздуха. Микроскопические пузырьки воздуха являются центрами ка-витации.

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 химиче-ском или электрохимическом взаимодействии с окружающей средой. В гидравлическом при-воде коррозии наиболее подвержены трубопроводы, [фонштейны крепления гидроагрегатов, внутренние полости г идро аккумуляторе в, детали электромагнитных [фанов и т п

В результате коррозии изменяются механические свойства металла: снижается прочность, пластичность Продукты коррозии, попадающие в рабочую жидкость гидросистемы, могут приве-сти 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 межкристалли-ческая.

Фреттииг-коррозия характеризуется образованием мелких язвенных

углублений на неподвижных или имеющих весьма малые взаимные

перемещения деталях и узлах, находящихся под нагрузкой. Фрегганг-

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, за-полненных продуктами разрушения, в основном порошкообразными окислами трущихся метал-лов. В начальный момент происходит схватывание сопряженных поверхностей на участках кон-такта, и появляющиеся при этом металлические частицы, окисляясь, образуют первичные про-дукты изнашивания. В дальнейшем разрушение материала приобретает характер абразивного из-нашивания продуктами фреттинг-коррозии и облегчается тем, что поверхностные слои в зоне контакта разрыхляются в результате усталостно-окислительных процессов. С увеличением часто-ты и амплитуды вибрации процесс изнашивания усиливается, а время до момента резкого повы-шения силы трения в зоне контакта вследствие схватывания сокращается.

Влияние фреттинг- коррозии не исчерпывается снижением сопротивления усталости вслед-ствие образования геометрических концентратов 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 очерга-ния. 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, фреггинг-коррозия оказывает значительное влияние на сопротивление усталости деталей гидро-привода. Она порождается теми же условиями изменяющейся нагрузки, которые непосредственно вызывают усталостное разрушение.

Наиболее часто детали гидравлических агрегатов подвергаются электрохимической корро-зии, когда металл разрушается под действием электролита. Мельчайшие капли раствора электро-лита 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 разница по-тенциалов, 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 дефор¬мированные или напряженные части конструкции, так как с увеличением внутреннею напряжения возрастает от-рицательный потенциал. Деформация способствует образованию микропор, через которые корро-зионная среда проникает в глубину металла. Газы, содержащиеся в атмосферном воздухе, могут растворяться в растворе, в котором протекает коррозия, диффундировать через него к поверхно-сти металла и влиять на скорость коррозии. Кислород в зависимости от его концентрации в рас-творе свойств металла и других факторов может ускорять коррозию либо способствовать образо-ванию защитной пленки [4].

Химическая коррозия возникает также вследствие повышенной кислотности рабочей жид-кости, возникающей при ее старении. Немалую роль играет также попадающая в рабочую жид-кость 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 гидропри¬вода (в результате изна-шивания, деформации, поломок, коррозии) могут быть выделены следующие типовые зависимо-сти 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 изнашива-ния элементов в период приработки, когда происходит изменение микрогеометрии поверхности.

4. Влияние факторов, от которых зависит интенсивность процесса раз¬

рушения, усиливается, в результате чего интенсивность процесса

нарушения 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 интенсивно-стью (приработка), с постоянной скоростью (нормальный износ) и с возрастающей интенсивно-стью (катаст¬рофический износ). На рис. 2.5 представлена общая зависимость интенсивности из-носа контактирующих поверхностей от наработки. Под интенсивностью износа понимается от-ношение 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 следую-щим образом. I - зона приработки, когда интенсивность износа постепенно снижается. П - зона нормальной эксплуатации при установившейся невысокой интенсивности износа. Ш - зона ката-строфического износа. Время наступления Ш 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 золотнико-вых распределительных устройствах гидропривода, способного нарушить его нормальную работу. Как правило, неисправности, связанные с повышением трения в золотниковых парах, возникают вне¬запно и устраняются после нескольких перемещений золотника. Основны¬ми причинами по-вышения трения между деталями золотниковых пар пе¬риодического действия являются: гидрав-лическое защемление золотника в гильзе, вызываемое неуравновешенной радиальной гидростати-ческой си¬лой; облитерация (заращивание зазора в золотниковой паре); механическое заклинива-ние золотника в гильзе, вызываемое попаданием в зазор между деталями твердых частиц.

Механическое заклинивание распределительных золотниковых пар яе-ляется основной при-чиной нарушения в них стабильного трения.

Изменение технического состояния деталей и узлов приводит к изме¬нению выходных (функциональных) параметров гидроагрегатов и гидро¬привода в целом. Рассмотрим наиболее ха-рактерные изменения технического состояния гилрофицированных 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 тех-ническим состоянием качающего узла, изменение которого непосредственно влияет на объемный КПД насоса. Для часто применяющихся в гидроприводе аксиально-поршневых насосов тех-ническое состояние качающего узла может быть оценено с помощью таких параметров, как зазор в иилиндропортневой группе (в сопряженной парс поршень-цилиндр) и люфт в шарнирных со-единениях.

Экспериментально установлено, что наиболее интенсивное изнашива¬ние рабочих элементов насоса происходит в течение 200 ... 300 ч работы. 3 дальнейшем интенсивность процесса изнаши-вания стабилизируется. Для насоса следствием увеличения зазоров в поршневых парах является увеличение внутренних утечек и понижение объемного КПД.

Кроме снижения КПД, характерными неисправностями для гидравли¬ческих насосов, прояв-ляющимися при эксплуатации, являются: потеря герметичности уплотнений приводного вала, из-нос шлицевого соединения, увеличение люфтов и разрушение подшипников, кавитационное раз-руше¬ние качаюшего узла, перегрев насоса вследствие работы без рабочей жид¬кости с разрушени-ем качающего узла. Имеют место также отдельные слу> чаи разрушения корпуса насоса.

Распределительные устройства.

Основная масса отказов гидравлических распределительных устройств связана с нарушени-ем герметичности, чаше всего — внутренней: увеличение внутренних утечек объясняется увели-чением 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 трубо-проводов в результате температурной деформации или вибрации

Уровень внутренних утечек в гидрораспределителях существенно за¬висит от температуры рабочей жидкости и окружающей срелы.

Исследования также показали, что С повышением температуры умень¬шается усилие, разви-ваемое электромагнитом в гидравлических электро¬магнитных кранах. Причем наиболее интен-сивное понижение усилия наблюдается при температуре более 100°С.

Существенное влияние на работоспособность распределительных устройств оказыва-ет загрязненность рабочей жидкости, являясь причиной более 50% отказов, выявленных при экс-плуатации. Повышение загрязнен¬ности рабочей жидкости увеличивает усилие страгивания, а в ряде случаев приводит к заклиниванию цилиндрических золотниковых распределителей. Попада-ние частиц загрязнений в зазоры золотниковых пар илн под седло клапанов часто приводит к рез-кому повышению внутренних утечек в гидрораспре делителе и его досрочному снятию с эксплуа-тации.

Следящие рулевые приводы.

Основными дефектами и неисправностя¬ми следящих рулевых приводов, возникающими при эксплуатации, явля¬ются: внешняя негерметичность подвижных уплотнений исполнительных штоков; внутренняя негерметичность; люфты в креплении рулевых при¬водов к опоре, в кинема-тике обратной связи и силовой проводке управ¬ления; заклинивание золотниковых распределите-лей; коррозия и нарушение материалов покрытия элементов, риски, забоины, вмятины на поверх-ности деталей и др.

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

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

Эти экСЕшуатационные изменения снижают устойчивость следящего гидропривода, повы-шают несимметричность его скоростной характеристи¬ки, а также изменяют его статическую и динамическую жесткость.

Наиболее существенно влияние эксплуатационных изменений в следя¬щем рулевом приводе сказывается на характеристике его динамической жесткости, которая может быть использована как диагностический пара¬метр для оценки технического состояния привода.

Трубопроводы.

Жесткие трубопроводы гидравлических систем машин в реальных условиях работы подвер-жены действию сложного комплекса статических и динамических нагрузок, вызванных вибраци-ей, пульсацией давления рабочей жидкости, температурными деформациями и некоторыми дру-гими факторами, что приводит к усталостному разрушению трубопроводов.

При эксплуатации на поверхности трубопровода могут возникнуть незначительные "потер-тости", которые, как правило, создают очень малую концентрацию напряжений и не оказывают существенного влияния на дол¬говечность. 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 долговеч-ность 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 пла-стичность и прочность, становится более твердой, на внешней поверхности образуются трещины. При неверной установке рукавов они могут соприкасаться с твердыми частями машины, что при-водит к потертостям и разрушениям внешнего слоя.

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

Уплотнцтельные 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 приспо-сабливаются к мельчайшим неровностям уплотняемой поверхности и обеспечивают герметич-ность. Однако в уплотнениях, как и в любом элементе гидропривода, при эксплуатации происхо-дят опреде¬ленные 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 жид-костей 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 уштотнительного кольца или манжеты легко растрескиваются, и уплотнение стано-вится непригодным для дальнейшей эксплуатации.

При эксплуатации в зависимости от применяемых рабочих жидкостей и материала уплотне-ний может происходить их набухание или усадка. Набухание уплотнений происходит вследствие механического проникнове¬ния жидкости в материал уплотнения или может быть результатом хи-мической 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 свой¬ства, при этом давле-ние на контактной поверхности, созданное предвари¬тельным натягом, уменьшается или исчезает. Для многих, даже морозо¬стойких марок резины при резком охлаждении котгтактное давление начи¬нает уменьшаться при температуре -20°С и при температуре -50 ...-60°С составляет лишь около 10% начального или исчезает. При постепенном ох¬лаждении контактное давление начина-ет уменьшаться уже при нескольких градусах ниже нуля и исчезает при температуре -25...- 40"С [7].

В процессе работы подвижных соединений выделяется значительное количество теплоты, вследствие чего потеря работоспособности уплотне¬ний наступает раньше, чем в неподвижных соединениях. Кроме того, уплот¬нения подвижных соединений подвержены изнашиванию. В зави-симости 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 ре-жима работы к режиму сухого трения способствует увеличению изнашивания и, как следствие, значительному снижению долговечности уплотнения.

В зависимости от физико-механических свойств резины, конструктив¬ных особенностей уплотнения и условий работы возможно изнашивание трех видов: усталостное, абразивное (мик-рорезание) и изнашивание при заедании. Продукты абразивного изнашивания попадают под уплотняющую кромку. При увеличении контактного давления происходит переход от усталост-ного изнашивания к наиболее разрушительному изнашиванию при заедании Причем определяю-щим критерием при переходе от усталостного и абразивного изнашивания к изнашиванию при заедании является интен¬сивность трения. Опыт показывает, что сравнительно малое трение имеет сдвоенное комбинированное уплотнение, надежность которого значительно выше надежности одинарного уплотнения: вероятность отказа сдвоенного уплотнения ниже примерно в 5 раз.

Долговечность резинового уплотнительиого кольца в значительной ме¬ре зависит от пра-вильности изготовления канавки, в которой оно находится Если объем канавки мал, кольцо вы-давливается в зазор, защемляется и разрушается. Для предотвращения этого в канавку со стороны, противоположной подаче рабочего давления, помешают защитное кольцо.

Взаимодействие уплотнительного резинового кольца с рабочей жид¬костью приводит к воз-никновению окислительного процесса в материале кольца и самой рабочей жидкости, а также к диффузионному и адсорбционному обмену [7].

Внутренний механизм процессов, предшествующих потере гидроприводом работоспособно-сти, может быть достаточно точно проанализирован только в каждом конкретном случае, так как изменение параметров каждого объекта имеет свои закономерности. Однако конкретные меха-низмы потери работоспособности определяются общими физико-химическими процессами изме-нения структуры, свойств и параметров элементов гидропривода. Изменение параметров, случай-ное для каждого отдельного гидроагрегата, имеет статистически устойчивый характер для одно-типных агрегатов.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ И ГИДРОМОТОРОВ

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

При установке насосов или гидромоторов на мобильные машины вначале они предваритель-но 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 гидромашины и приводным механизмом затяжкой крепежных болтов или шпилек. За-зоры должны выбираться путем исправления плоскости фланца приводного механизма или с по-мощью компенсационных прокладок.

Валы аксиально-поршневых гидромашин всех типов должны соединяться с приводными ме-ханизмами с помощью упругих муфт, способных компенсировать угол перекоса осей гидрома-шины и приводною механизма до 1 градуса и несоосность этих осей до 0,2 мм. Полумуфта Долж-на 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 экс-плуатировать гидромотор с заглушённым дренажным отверстием.

Манжетные уплотнения в гидромашииах необходимо заменять только в закрытом помеще-нии в условиях, исключающих попадание загрязнений в корпус.

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

Если гидросистема машины заправлена гидравлическим маслом МГЕ-46В (МГ-30), а темпе-ратура воздуха достигает -20°С, то приводной двигатель следует запускать при минимальной ча-стоте 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°С путем дросселирования потока.

Если гидросистема машины заправлена гидравлическим маслом МГ-15В (ВМГЗ), то анало-гичные мероприятия следует выполнять при температуре окружающего воздуха ниже -40°С.

Недопустима эксплуатация гидромашины 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 иасоса. Категорически запрещается эксплуатация на рабочих жидкостях, не указанных в паспорте или инструкции по эксплуатации гидромашины.

Для содержания гидромашин в состоянии постоянной эксплуата¬ционной 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 гидромангины 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°С при условии соблюдения требований паспорта и инструкции по эксплуатации. Оптималь-ный уровень вязкости рабочей жидкости находится в пределах 25... 16 сСт, чго соответствует температуре МГ-15В (ВМГЗ) от +25 до + 35°С, а для МГЕ-46В (МГ-30) от -^55 до +65°С.

Завод-изготовитель обязан в течение 18 месяцев со дня отгрузки с завода (но не более !500 ч работы гидромашины) безвозмездно ремонтировап. или заменить неисправные гид-ромашины 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 гидромашины, 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 фильтра-ции, при этом допускается снижение объемного КПД не более чем на 15%.

Гидромашины, подлежащие хранению, должны быть законсер¬вированы.

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

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 остат-ки 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 машины 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 ревер-сированием, быстрым пуском и остановками, рекомендуется устанавливать в присоединительном фланце два калибро¬ванных винта.

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

Гидромотор должен быть соединен с магистральными трубопрово¬дами, подводящими и от-водящими рабочую жидкость, с помощью фланцев с уплотнительными кольцами круглого сече-ния. С внешней стороны фланцев имеется резьба для соединения с жесткими трубами или гибки-ми рукавами высокою давления. Для обеспечения герметичности стальные трубы, преимуще-ственно холоднокатаные, должны быть соединены с фланцами бессварным трубопроводным со-единением с врезающимся кольцом

Внутренние поверхности стальных труб подлежат тщательной очистке механическим спо-собом или травлением кислотой с последующей нейтрализацией, исключающей 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 выдавлена уплотнительная манжета и нарушена герметичность между валом и корпусом. К дре-нажному 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 гидр о мотора. Это обеспечивает заполнение кор-пуса рабочей жидкостью и обильную смазку обоих подшипников эксцентрикового вала. Перед первым пуском в корпус гидромотора должка быть залита до уровня дренажного отверстия пред-варительно отфильтрованная рабочая жидкость. Это связано с тем, что гидромогоры имеют не-большие внутренние утечки и, пока корпус гидромотора заполнится рабочей жидкостью, воз-можна недостаточная смазка и, как следствие, механическое повреждение трущихся поверхно-стей.

Необходимо следить за величиной давления и температурой гидро¬мотора во время работы. Повышенное давление и быстрый нагрев при работе на холостом ходу свидетельствуют о ненор-мальной рабояе.

Если температура окружающего воздуха очень низка, не рекомендуется давать полную нагрузку до тех пор, пока рабочая жидкость не нагреется до +5 или + 10°С.

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 гид-ромотора, особенно в начальный период работы.

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

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПОРШНЕВЫХ ГИДРОЦИИЛИНДРОВ

Перед эксплуатацией машины необходимо проверить: состояние хромированной поверхно-сти 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 тряп-ки, смоченной горячей водой

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

По окончании работы штоки должны быгь втянуты в гидроцилиндры.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ НАПРАВЛЯЮЩЕЙ И РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ГИДРОАППАРАТУРЫ

Гидрораспределитель может быть установлен на машине в любом положении, однако, пред-почтительным является горизонтальное положе¬ние. Это особенно важно для гидрораспределите-лей с электрогидрав¬лическим управлением, так как находящиеся в нижнем положении элементы управления будут включаться медленнее.

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

Поверхность для установки гидрораспределителей должна быть механически обработанной, ровной, исключающей перекос корпуса при затяжке крепежных болтов. Болты должны быть затя-нуты равномерно. В противном случае может произойти деформация корпуса и, следовательно, заклинивание золотников.

Для обеспечения герметичности присоединительных трубопроводов на корпусе гидрорас-пределителя 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 необхо-димо таким образом, чтобы не возникали допол¬нительные усилия, действующие на корпус. Для исключения натяжения трубопроводов при установке и для компенсации температурных дефор-маций в случае охлаждения и нагрева в них следует предусматривать гибкие участки.

Трубопроводы должны быть предварительно очищены от загрязнений, протравлены кисло-той, нейтрализованы раствором, промыты, продуты сжатым воздухом и смазаны рабочей жидко-стью.

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

Для гидрораспределителей с электрическим управлением колебания напряжения в катушках электромагнитов не должны превышать ±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 гидрорас-пределителей.

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 термообра-ботку. 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 сниже-ние настройки предохранительных клапанов, снижение давления настройки вызывает дополни-тельный нагрев рабочей жидкости, уменьшает производительность машины и увеличивает износ клапанов из-за более частого их срабатывания. Поэтому в течение первых 100..200 ч работы необ-ходимо 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 предохрани¬тельного 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 не-большим расходом. В состав приспособления обычно входит манометр, предо¬хранительный кла-пан и набор плит стыкового соединения для крепления клапанов всех типоразмеров. Настраивать вторичные клапаны можно и на машине, но для этого необходимо предварительно настроить пер-вичный предохранительный клапан гидрораспределителя на давление, превышающее номиналь-ное 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 MI la.

Первичные предохранительные клапаны обычно настраивают непосредственно на машине при вязкости рабочей жидкости 20...30 сСт. Поскольку большинство современных машин с гид-роприводом высокого давления оборудованы аксиально-поршневыми насосами, произво-дительность которых автоматически изменяется в зависимости от давления, настраивать предо-хранительные клапаны нужно при минимальной производительности насоса. Если на машине установлен сдвоенный 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 долго-вечной работы гидрораспределителей Размер задерживаемых частиц загрязнений должен быть 40 мкм и менее.

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

В гидрораспределителях с ручным управлением при длительном перерыве в работе необхо-димо смазать консистентной смазкой выступающие концы золотников. Это исключит образова-ние 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 загряз¬нения из корпуса филь-тра, промывать сетчатые фильтроэлементы или заменять загрязненные бумажные фильтроэле-менты.

Обслуживание линейных фильтров заключается в периодической замене бумажных фильтроэлементов и промывке сетчатых фильтрующих дисков. Замена и промывка производятся при увеличении перепада давления на фильтре ло 0,35 МПа. При отсутствии манометра лля кон-троля перепада давления замена бумажных фильтроэлементов должна быть через 150...200 ч ра-боты 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 про-мывки необходимо продуть фильтропакет сжатым воздухом через втулку и внутренние поверхно-сти 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 требо-ваниям 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 со-ставляет 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 материа-ла - 200 ч, для бумажных фильтроэлементов — не более 12 месяцев со дня получения потребите-лем.

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 фильтро¬элементов 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 метал-лоизделий".

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГИДРОФИЦИРОВАННЫХ МАШИН В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Специально проведенными исследованиями и подтвержденным многолетним опытом экс-плуатации 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 вли-яние на готовность машины к работе и на продолжительность ее рабочего цикла оказывают низ-кие температуры. При низких температурах возникают непроизводительные затраты времени на подготовку, запуск и прогрев гидросистемы, увеличиваются потери давления и силы трения в по-движных соединениях, возникают температурные изменения посадок (зазора или натяга), кото-рые могут привести к отказам гидрооборудования. Кроме этого, пуск дизельного двигателя при низких температурах более усложняется, особенно в тех случаях, когда его вал постоянно соеди-нен с одно- или двухпоточными насосами, для вращения которых мощность устанав¬ливаемых ак-кумуляторных батарей оказывается недостаточной. Следо¬вательно, климат является одним из важнейших факторов, оказывающим влияние на работоспособность и надежность машин, эксплу-атируемых на открытом воздухе.

Наиболее существенное влияние на работоспособность гидравличе¬ского оборудования ока-зывает резкое повышение вязкости рабочей жидкости с понижением ее температуры. Так, напри-мер, при изменении температуры на 90°С (от -20 до +75°С) 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 мо-торного 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, характеризует-ся высокими значениями градиента вязкости. Экспоненциальное изменение вязкости с пониже-ниями температуры, а также высокое абсолютное значение вязкости рабочих жидкостей при низ-кой температуре являются наиболее важным фактором, обуславливающим особенности эксплуа-тации машин с объемным гидроприводом в условиях низких температур. Отсюда следует, что увеличение вязкости рабочей жидкости оказывает наибольшее негативное влияние на работоспо-собность насоса - основного агрегата гидросистемы в связи с увеличением сопротивления (по-терь давления) во всасывающей магистрали, приводящим к незаполнению рабочего объема насоса в процессе всасывания.

В гидросистемах машин с шестеренными насосами даже при использовании индустриаль-ных 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 кри-терием, учитывающим реологи¬ческие свойства рабочей жидкости и всасывающую способность насосов. Прокачиваемостъ характеризуется критическим значением вязкости, выше которой воз-никает кавитация, вследствие чего рабочая жидкость насыщается воздухом, нарушается оплош-ность 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 интен-сивностью циркуляции рабочей жидкости или относительно редко включаемых, в которых тем-пература рабочей жидкости близка к температуре окружающего воздуха. К таким системам отно-сятся весьма важные системы автоматического управления, системы дистанционного гидравличе-ского и электрогидравлического сервоуправления, а также всасывающие магистрали насосов, наиболее чувствительные к гидравлическим сопротивлениям.

В условиях низких температур в начальный период пуска гидропри¬вода имеет место так называемое "структурное течение" рабочей жидкости, характеризующееся упругими деформаци-ями.

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 гид-росистемы 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, уско-ряет 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 уме-ренным климатом исключает перечисленные недостатки и решает главную задачу -обеспечивает пуск объемного гидропривода без предварительного подогрева при температуре воздуха до -55°С и надежную эксплуатацию при температуре выше -40°С. В случае отсутствия ВМГЗ (МГ-15В) допускается применение в качестве заменителя масло АУ в температурных пределах согласно ре-комендациям 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 физчко-механических свойств применяемых материалов (пластичности, упругости, объема, линейных размеров и др ).

Надежность гидропривода в значительной мере определяется работоспособностью резино-вых 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 темпе-ратурах окружающего воздуха и рабочей жидкости является наиболее важным условием обеспе-чения герметичности и на этой основе обеспечения надежной работы гидропривода.

Были подобраны марки резины для уплотнения неподвижных соединений В-14, поступа-тельно движущихся соединений ИРГТ-ЗО28 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 ло -58°С.

Уплотнения из резины В-14 и В-14-1 работоспособны до -50°С. В настоящее время уплотне-ния из резины В-14-1 устанавливают в насосы и гидромоторы, распределительную и регулирую-щую 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-J, пятой группы по ТУ 38.005.204-71. Для уплотне-ния штока должны применяться резинотканевые (шевронные) многорядные уплотнения из хлоп-чатобумажной 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 приме-нения в гидросистемах машин, а также нарушения технологии изготовления уплотнений и поса-дочных мест, в меньшей степени — неправильная сборка и установка уплотнений, а также неудо-влетворительное обслуживание и ремонт машин

При обнаружении деформированного или разрушенного уплотнения оно должно быть заме-нено аналогичными по размеру и сорту резины с соблюдением рекомендаций по разборке и сбор-ке гидрооборудования. Соблюдение условий эксплуатации по величине внешних нагрузок и тем-пературы, тщательное соблюдение рекомендаций по сборке гидрооборудования и трубопрово-дов 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 номи-нальное (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 насо-сов на рабочей жидкости ВМГЗ (МГ-15В) показали, что шестеренные насосы обладают лучшей прокачиваемостью, но наиболее чувствительны к изменена вязкости. Они имеют меньший темпе-ратурный диапазон высокого стабильного значения КПД, особенно при положительных темпера-турах.

Аксиально-поршневые насосы обладают худшей прокачиваемостью в период пуска при низ-ких температурах, но менее чувствительны к изменению вязкости жидкости и имеют наиболее широкий диапазон стабильного и более высокого КПД. В частности, аксиально-поршневые насо-сы типа 210.20... устойчиво работают при изменении вязкости от 8 до 1200 сСт, чго соответствует температуре рабочей жидкости ВМГЗ (МГ-15В) в пределах от -40 до -Н>5°С.

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, харак-теризующие режимы работы применяемых типов насосов, приведены в специальных справочни-ках [3].

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

500 сСт (для масла ВМГЗ при Тж=-30°С) и величине потока близкой к номинальной, потери давления резко увеличиваются и фильтры тонкостью фильтрации 25 и 40 мкм начинают перепус-кать рабочую жидкость на слив через перепускной клапан, минуя фильтрующие элементы, при перепаде давления выше 0,2...0,26 МПа;

1100... 1200 сСт (для масла ВМТ"3 при ТЖ=-4О°С) величина фильтруемого потока для филь-тра 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 изменя-ются их размеры и формы, возможно возникновение нарушения регулировки ее отдельных узлов и механизмов, ослабление креплений, нарушение герметичности системы, соосности валов, из-менение зазоров и т.п. [9].

Изнашивание деталей любой машины — неизбежный естественный процесс. В результате изнашивания деталей в нормальных условиях эксплуатации имеет место так называемый есте-ственный износ, возни¬кающий на поверхности трения.

Неисправности мобильных машин с гидроприводом могут быть разделены на четыре основ-ные 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 возрас-тать, в результате чего износ может перейти в аварийный, что повлечет за собой отказ и простой машины.

Аварийные неисправности, возникающие как следствие неправильной эксплуатации и при-ведшие к усталости металла, наиболее опасны. Повреждения деталей пол действием повторной знакопеременной нагрузки вследствие усталости металла происходят неожиданно. Самыми рас-пространенными являются аварийные неисправности, являющиеся результатом нарушения пра-вил 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 непра-вильного 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 умень-шение интенсивности износа деталей и преду¬преждение возникновения неисправностей (техни-ческое обслуживание), а также своевременное их выявление и устранение (ремонтные работы).

При техническом уходе и ремонте необходимо тщательно анали¬зировать причины, вызвав-шие неисправности, критически оценивать условия эксплуатации машины. В результате такого анализа могут быть предложены новые эксплуатационные приемы и рекомендации по улучше-нию конструкции отдельных деталей и узлов. Своевременное выявление неисправностей по внешним признакам, определение причин их возникновения, а также быстрое их устранение яв-ляется главной задачей персонала, обслуживающего машины.

ОСНОВЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ

ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОПРИВОДА

Контролируемые параметры при диагностике гидроприводов

Контроль технического состояния гидропривода машин при эксплуа¬тации, по результатам ко-торого принимается решение о вероятности безо¬тказной работы в заданных условиях с установ-ленными параметрами, яв¬ляется важной составной частью системы обеспечения надежности ма-шины. Для различного класса машин (строительно-дорожных машин, сельскохозяйственных ма-шин, воздушных и морских судов и т.д.) требования к надежности и долговечности определяются с учетом условий их работы при эксплуатации

Контроль технического состояния осуществляется измерением некоторых параметров, вы-бранных в качестве диагностических признаков. В зависимости от способа диагностики (гидро-силового, виброаккустического и яр) набор диагностических признаков может быть различным.

В табл.5.1 приведен перечень основных контролируемых параметров пРи гидросиловой диа-гностике гидросистем [16].

Помимо измерения значений контролируемых параметров в процессе испытаний гидравличе-ского оборудования необходимо производить контроль температуры рабочей жидкости и следить за ее параметрами (вязкостью, чистотой, наличием воздуха и т.п.).

Насосы и гидромоторы перед началом испытаний рекомендуется обка¬тать в течение 20...30 мин с последовательным увеличением нагрузки 4...б ^пенями до номинальной. Реверсивные насо-сы обкатываются на обеих Полостях.

Все гидравлическое оборудование необходимо проверить на герметичность при номинальном давлении, увеличенном на 25%. В процессе испытаний рекомендуется производить настройку на рабочие параметры распределительной и регулирующей аппаратуры и регуляторов насосов и мо-торов.

Средства контроля технического состояния

гидравлических систем и агрегатов

Любая система диагностирования представляет собой совокупность средств технической диа-гностики машин, объекта диагностирования и ис¬полнителей. Средства технической диагностики являются основой для получения информации об объекте диагностирования, при этом обязатель-но предполагаются операции измерения различных параметров, совокупность которых служит основой для процесса диагностирования.

Принцип работы системы диагностирования заключается в следующем (рис.5.1). Сигналы от объекта диагностирования 1 и диагностических датчиков 2 через преобразователи 3 и усилители (формирователи) 4 поступают в регистратор (сигнализатор) 5.

В автоматических системах диагностирования возможно наличие анализатора, который фор-мирует диагностическое заключение и выдает его в виде документа. Информация передается на микропроцессоры или ЭВМ для ее обработки, выдачи рекомендаций и хранения.

Учитывая сложность конструкций современных машин и многообразие физических процес-сов, сопровождающих работу, средства диагностирова-ниа должны базироваться на сочетании различных методов. При этом ре¬шающее значение имеет рациональный подбор методов диагно-стирования и измерений, обработки и представления диагностической информации для достиже-ния технически и экономически целесообразных характеристик средств диагностирования.

Таблица 5.1

Контролируемые параметры при определении технического состояния гидропривода

Примечания:

Проверка производится только в случае, когда это оговорено технической документацией.

Только у распределителей с гидравлическим и лектрогкараялическим управлением.

Средства диагностирования разделяют на стационарные, переносные и встроенные. Стацио-нарные средства устанавливают на пунктах техничес¬кого обслуживания и диагностики. При этом объект диагностирования доставляется к средствам, подключается к ним, и только после этого произ¬водится контроль необходимых параметров. Переносные средства диагнос¬тирования, объ-единенные, как правило, в единые блоки, доставляются к объекту диагностирования по месту его эксплуатации и подключаются только для проведения диагностирования. Встроенные средства, составляю¬щие с объектом диагностирования одно целое, дают возможность получать информа-цию о состоянии объекта постоянно или при контрольных проверках.

Стацион арные средства диагностирования, ил и стенды, могут применяться для проверки технического состояния гидросистемы машины и отдельных ее агрегатов, устанавливаемых на стенд. В этом случае достигается большая глубина диагностирования, так как можно применить средства информации с минимальными погрешностями. Кроме того, в процессе проверки (диа-гностирования) отсутствует взаимное влияние агрегатов гидросистемы, что также увеличивает точность диагностирования. Стационарные ере детва измерения позволяют применить датчики к средства регистрации, выдающие диагностическую информацию непрерывно (в виде кривых или осциллограмм).

Недостатками стационарных средств диагностирования являются вы¬сокая стоимость, большие размеры и масса, значительные затраты времени на подключение гидросистем и гидроагрегатов к стендам, потери рабочей жидкости, а также возможность внесения загрязнений в гидросистему.

Переносные средства диагностирования позволяют проводить провер¬ку технического состоя-ния объектов диагностирования на пунктах обслу¬живания и в полевых условиях. Блоки датчиков имеют небольшие размеры и массу, могут работать от бортовой сети мобильных машин, воздуш-ных судов и других объектов. Время на подсоединение блока датчиков сокращается с применени-ем специальных присоединительных устройств. Целесообразно применение бесконтактных и кратковременных контактных датчиков.

Переносные средства измерения имеют, как правило, большую погрешность при измерении параметров диагностирования. Глубина поиска дефекта при этом небольшая, поэтому не всегда имеется возможность опре¬делить конкретную причину неисправности гидроагрегата.

Встроенные средства диагностирования, устанавливаемые в системах и агрегатах машины, в значительной степени ускоряют процесс диагности¬рования и являются основой для создания ав-томатизированных систем, имеющих бортовые ЭВМ для обработки, анализа информации и выда-чи заключения о техническом состоянии объекта.

К недостаткам встроенных средств можно отнести необходимость установки большого числа датчиков в гидросистеме машины и повышенные требования к стабильности характеристик дат-чиков на случай замены.

По отношению к объектам диагностирования средства могут быть специализированными или универсальными. Специализированные средства измерения обычно проше по конструктивному исполнению и имеют меньшую стоимость, чем универсальные. Универсальные средства отлича-ются сложностью конструкции и большой стоимостью, однако их легко можяо Унифицировать, и они могут быть пригодны для различных объектов ДИагн ости ро в ан ия.

Стационарные стенды и установки в основном оснащены универсальными средствами изме-рения, выпускающимися серийно. Переносные и встроенные средства, как правило, являются специализированными и труднее поддаются унификации вследствие большого конструктивного разно¬образия агрегатов гидросистем.

Достоверность диагностирования в значительной степени зависит от точности измерений По-этому в технической документации обязательной является рекомендация по точности используе-мых средств измерения.

Если в технической документации класс точности измерительного прибора на диагностируемое изделие не указан, то можно пользоваться данными табл.5.2. При отсутствии специальных указа-ний измерения проводят на участках шкалы в пределах от 30 до 95%. Шкалы жидкостных прибо-ров используют полностью.

Параметры следует измерять при установившемся тепловом режиме. Выдержка перед нача-лом измерений должна быть не менее 2 мии. За результат измерения принимают среднее арифме-тическое не менее трех измерений. Разность между наибольшим и наименьшим измерениям л одного и того же параметра не должна превышать значений, указанных в табл.5.3.

Применяющиеся в процессе диагностирования средства измерения в соответствии с ГОСТ 16263-70 классифицируются на следующие виды меры, измерительные преобразователи (датчи-ки), измерительные приборы, измерительные установки и системы.

Мера - средство измерения, предназначенное для непосредственного воспроизведения физи-ческой величины известного размера. Мерами могут быть: [при, магазины резисторов и т.п. Раз-личают однозначные меры, многозначные меры и наборы мер. Примером многозначной меры яв.чяется линейка, а набора мер - магазин концевых мер длины. При измерениях с использовани-ем меры сравнивают значения измеряемых параметров с определенными величинами, воспроиз-водимыми мерами.

Измерительный прибор - средство измерения, вырабатывающее сигнал измерительной ин-формации в форме, доступной для непосредственного восприятия исследователем. Общим для всех приборов является наличие отсчетных устройств. Чаше всего последние выполняются в виде шкалы и указательной стрелки.

Измерительные приборы подразделяются на аналоговые и дискретные. Если показания прибо-ра являются непрерывной функцией измеряемой величины, то такие приборы называются анало-говыми. Приборы, показания которых сохраняются в некотором интервале изменения измеряемой величины, называются дискретными. Такие приборы снабжаются устройствами, представляющи-ми значение измеряемой величины в цифровой форме и отображающими эти значения на инди-каторах. Показания дискретных приборов легче фиксировать, они удобны для ввода в ЭВМ для их дальнейшей обработки. Эти приборы имеют существенно большую точность, так как у них отсут-ствует погрешность считывания показаний, но они сложнее аналоговых, менее надежны и дороже Кроме того, по их показаниям трудно судить о тенденциях изменения измеряемой величины. В последнее время наблюдается интерес к широкому применению электрических и электронных средств измерения параметров и их обработки.

Техническое состояние гидропривода любой машины характеризуется различными диагно-стическими признаками. В большинстве случаев диагностическими признаками являются неэлек-трические величины: давление, температура, расход рабочей жидкости, частота вращения, угло-вые скорости и ускорения, линейные и угловые перемещения, виброускорения, а также парамет-ры, характеризующие состояние рабочей жидкости гидропривода. Для удобства последующих операций измерения, обработки и индикации диагностические параметры необходимо преобра-зовывать в унифицированные электрические сигналы. Эту функцию выполняют измерительные преобразователи (датчики).

Измерительные преобразователи вырабатывают сигналы

измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обра-ботки и хранения, но не подлежащей непосредственному восприятию наблюдателем.

Датчики размешаются непосредственно у объекта измерения и преоб¬разуют измеряемые па-раметры в величины, удобные для передачи по пиниям связи, усиления, измерения или регистра-ции электрическими средствами. Датчик входит в измерительную систему, состоящую из усили-теля, измерительного прибора, источника питания.

При выборе или разработке средств диагностирования желательно иметь минимальное число измерительных каналов. При этом увеличивается надежность диагностических устройств, повы-шается достоверность результатов диагностирования. Датчики, используемые в устройствах, должны выдавать минимальное число видов электрических сигналов. Особенно это важно для пе-реносных и встроенных средств диагностирования. Благодаря минимальному числу видов сигна-лов появляется возможность использовать измерительные или регистрирующие приборы одного типа.

К датчикам средств диагностирования гидроприводов машин, исполь¬зуемых в тяжелых усло-виях, предъявляют следующие требования:

отсутствие вредных воздействий со стороны датчика на организм человека;

необходимая чувствительность и точность;

высокая перегрузочная способность;

устойчивость к механическим, техническим и температурным воздействиям измеряемой и окружающей сред;

малая чувствительность к неизмеряемым параметрам и компонентам колей (электрических, магнитных, гравитационных, радиационных и др.);

унификация и взаимозаменяемость;

удобство встраивания в диагностируемый объект и обслуживания; малая масса и размеры;

экономичность и технологичность.

Комплексный учет вышеизложенных требований, предъявляемых к диагностическим датчи-кам, позволяет для конкретных объектов диагности¬рования выбрать экономически целесообраз-ный комплект датчиков и ре¬гистрирующей аппаратуры.

Измерительная установка - совокупность функционально и конструктивно объединенных средств измерения и вспомогательных устройств, предназначенная для рациональной организа-ции измерения Измерительная установка предусматривает определенный метод измерения, в нее входят различные устройства, обеспечивающие необходимое ншружение объекта диагностирова-ния (нагрузочные и тормозные стенды, дросселирующие устройства и т.н.).

Измерительная система - совокупность функционально объединенных средств измерения и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи, предназначенная для преобразования сигналов измерительной информации а форму, удобную для автоматической об-работки, передачи, использования в автоматические системах контроля и управления и доступ-ную для непосредственного восприятия.

Все перечисленные средства измерений находят применение в практике диагностирования гид-роприводов мобильных машин.

Измерительные преобразователи (датчики)

Преобразователи (датчики) классифицируют по следующим основным признакам: принципу действия, назначению, характеру применения, параметрам измерения.

По принципу действия датчики, применяемые в средствах диагностирования, разделяют на электроконтактные, потенциометрнческие, тензорезисторные (тензометрические), электромаг-нитные преобразователи, пьезоэлектрические [18].

В электроконтактных датчиках измеряемое механическое перемещение преобразуется в за-мкнутое или разомкнутое состояние контактов, управляющих электрической цепью. Естествен-ной входной величиной контактных датчиков является пространственное перемещение.

Минимальная погрешность срабатывания контактных датчиков находится в пределах 1...2 мкм. Попытки создать датчики с погрешностью срабатывания менее 1 мкм не име;1И успеха. Во избежание образования дуги или искры мощность в цепи, разрываемой контактами, не должна превосходить 50...100 МВт. Поэтому при применении в качестве сигнального, измерительного элементов, потребляющих мощность меньше 50... 100 мВт, их можно включать непосредственно в цепь контактов датчика. Если же эти элементы потребляют большую мощность, то их включают через усилители.

Электроконтактные датчики используются для измерения временных интервалов при измере-нии расхода и скоростей перемещения штоков и др.

Потенциометрическим датчиком называют реостат, движок которого перемещается в соот-ветствии со значением измеряемой неэлектрической величины. Таким образом, естественной входной величиной потен ином етрическнх датчиков является перемещение движка, которое мо-жет быть либо угловым, либо линейным, а выходной величиной — активное сопротивление, рас-пределенное линейно или по некоторому закону по пути движка.

Провод реостата изготавливается из манганина, константана или фехраля. В очень ответствен-ных случаях, когда требования к Износостойкости контактной поверхности особенно высоки или контакгные Давления очень малы, применяют провод из сплава платины с иридием P\*0%Pt+10%Ir). Добавка иридия к платине увеличивает твердость и прочность последней, повы-шает кислотоупорность, антикоррозийность и Износостойкость. Удельное сопротивление этого сплава равно р=0,23 мк0мм. Платиноиридиевый провод выпускается весьма малых диаметров (До 0,03 мм), что позволяет выполнять высокоомные (до нескольких кОм) датчики массой всего 10^-12 г и габаритами порядка 1x2 см. Хорошими Параметрами обладают также датчики из проводов, изготовленных из СГ)лавов платины с палладием, рубидием, рутением, осмием.

Ограничение быстродействия вызвано наличием механических связей, значительных присо-единительных масс в кинематических цепях и необходимостью обеспечения устойчивого контак-та между движком и обмоткой потенциометра. Потенциометрическне датчики применяют в ос-новном для измерения статического или медленно изменяющегося сигнала.

Потенциометрические датчики аналогично контактным являются ступенчатыми (дискретны-ми), поскольку непрерывному изменению измеряемой неэлектрической величины соответствует ступе кчатое изменение сопротивления. Эго обстоятельство вызывает погрешность квантования, уменьшающуюся с увеличением числа витков ш датчика.

Для датчиков с равномерной намоткой погрешность квантования у=100/(2й>,1%. Число вит-ков датчика, определяющее его разрешающую способность, обычно выбирают не меньше 100-ь200. В ряде случаев применяются потенциометрические датчики с нелинейным распределением сопротивления вдоль траектории движка, что дает возможность получить нелинейную функцию преобразования.

К преимуществам потенциометрических датчиков можно отнести возможность получения до-статочно мощного выходного сигнала, что позволяет проводить его дальнейшую обработку и ре-гистрацию без применения дополнительных усилительных устройств.

Потенциометрические датчики используют для измерения абсолютного и избыточного давле-ния рабочих жидкостей, перепадов давления, координат, относительных перемещений, линейных ускорений, угловых скоростей и др.

В основе работы тензорезисторое лежит явление тензоэффекта, заключающееся в изменении активного сопротивления проводников при их механической деформации.

Характеристикой тензозффекта материала является коэффициент относительной тензочув-ствительности к, определяемый как отношение изменения сопротивления к изменению длины проводника: к=Ек/£|, где е& -относительное изменение сопротивления проводника, ER=AR/R; EI -относительное изменение длины проводника, Е] -Д1/1 ,

Значение коэффициента относительной тензочувствительности к для некоторых материалов приведено в табл. 5.4.

На практике используются тензодатчики двух типов. В первом случае используется тензоэф-фект проводника, находящегося в состоянии объемного сжатия, когда естественной входной ве-личиной датчика является давление окружающего его газа или жидкости. На этом принципе стро-ятся манометры для измерения высоких и сверхвысоких давлений, датчики которых представляют собой катушку провода (обычно манганинового) или полупроводниковый элемент (чаще всего германиевый или кремниевый), помещенные в область измеряемого давления (жидкости или газа) Выходной величиной датчика является изменение его активного сопротивления.

Во втором случае используется тензоэффект растягиваемого или сжимаемого тензочувстви-телъного материала. При этом тензорезисторы применяются в виде «свободных» и наклеиваемых датчиков.

«Свободные» тенэо датчики выполняются в виде одной или ряда проволок, закрепленных по концам между подвижной и неподвижной деталями и, как правило, выполняющих одновременно роль упругого элемента. Естественной входной величиной таких датчиков является весьма малое перемещение подвижной летали.

Устройство наиболее распространенного типа наклеиваемого проволочного тешореэи стара изображено на рис.5.2.

На полоску тонкой бумаги или лаковую пленку 2 наклеивается так называемая решетка из зигзаге о боазно уложенной тонкой проволоки 3 диаметром 0,02... 0,05 мм. К концам проволоки присоединяются (пайкой или сваркой) выводные медные проводники 4. Сверху датчик покрыва-ется слоем лака 1. Такой датчик, приклеенный к испытуемой детали, воспринимает деформацию ее поверхностного слоя. Таким образом, естественной входной величиной наклеиваемого тензо-датчика является деформация поверхностного слоя детали, на которую он наклеен, а выходной - изменение сопротивления датчика, пропорциональное этой деформации.

Измерительной базой датчика служит длина детали, занимаемая проволокой. Наиболее часто используются датчики с базами 5...20 мм, обладающие сопротивлением 30...500 Ом.

Фольговые преобразователи представляют собой весьма тонкую ленту из фольги толщиной 4... 12 мкм, на которой часть металла выбрана травлением таким образом, что оставшаяся его часть образует показанную на рис. 5.3 решетку с выводами.

В последние годы появился еще один способ массового изготовления тензорезисторов, аключающийся вакуумной озгонке тензочувствителъного материала и последующей конденсации его на подложку. Такие тензорезисторы получили название плёночных. Для изготовления пле-ночных тензорезисторов, помимо металлических материалов (например, титаноалюминиевый сплав 48Т-2, обеспечивающий измерение деформаций до 12% при коэффициенте тензочувстви-тельности к=0,2), используется также целый ряд полупроводниковых материалов, например гер-маний, кремний (к-100+120) и др.

При изготовлении фольговых и пленочных датчиков можно предусмотреть любой рисунок решетки, что является существенным их преимуществом. На рис. 5.3,а показан внешний вид дат-чика для измерения линейных напряжений, па рис. 5,3,6 - датчик, напыленный на мембрану, а на рис.5.3,в - датчик, наклеиваемый на вал для измерения крутящих моментов.

Погрешности приборов с проволочными, фольговыми и пленочными тензореэисторами тесно связаны с градуировкой этих приборов. Если нет возможности градуировать непосредственно ра-бочий датчик, то погрешность, обусловленная неидентичностью и качеством приклейки рабочих и градуируемых тензорезнсторов, может быть 1...5% даже при весьма тщательной приклейке, а общая погрешность прибора (включая погрешность усилителя, указателя и др.) может достигать 10...15%. При градуировке непосредственно рабочего дагчика, а также при возможности контроля чувствительности усилителя и установки нуля перед каждым измерением погрешность прибора может быть снижена до 0,2...0,5% при статических и до 1... 1,5% при динамических измерениях.

Тензометрические датчики используются для измерения давления, рас¬ходов, усилий, момен-тов, относительных перемещений, линейных ускоре¬ний и др.

Применение тензорезисторов в качестве преобразователей деформации чувствительных эле-ментов в датчиках давления в электрический сигнал открывает широкие возможности миниатю-ризации датчиков, повышения быстродействия и виброустойчивости, работы при изменяющихся темпе¬ратурах.

В датчиках давления используется тензоэффект растягиваемого или сжимаемого тензочув-ствительного материала или тензоэффект проводника, находящегося в состоянии объемного сжа-тия, когда входной величиной датчика является давление окружающей среды.

Электромагнитные преобразователи (датчики) преобразуют значение неэлектрического пара-метра в электрический сигнал за счет использования взаимодействия магнитного поля и элек-трического тока (рис.5.4).

На рис. 5.4,а изображена магнитная цепь электромагнитного преобразователя с двумя обмот-ками ш, и Юг. Если в обмотке <0i возникает электрический ток, то в сердечнике 2 наводится маг-нитный поток, величина которого зависит от структуры и материала сердечника и параметров то-ка в обмотке. Индуктивность L обмотки ш, будет определяться параметрами обмотки и магнит-ной цепи, а взаимоиндуктивность М между обмотками coi и ь>2 -параметрами этих обмоток и магнитной цепи. Электрический ток в обмотке Ю) может быть постояшплм или переменным.

Если изменять параметры магнитной цепи, например, приближая подвижный сердечник 1 к неподвижному 2 (уменьшение 5), или поворачивать сердечник относитатьно неподвижной части магнитной цепи, то при этом будет изменяться значение индуктивности L и взаимоиндуктивно-сти М.

Значения L и М можно изменять и при неподвижных сердечниках 1 и 2 путем введения в воз-душный зазор пластины 3 из ферромагнитного матер ипа (уменьшение 8) или пластины из элек-тропроводного неферромагнитного материала. В последнем случае изменение L и М обу-словлено размагничивающим действием токов, индуктированных в пластине основным магнит-ным потоком, проходящим по магнитной цепи.

Преобразователи, преобразующие естественную входную величину в виде перемещения в из-менение индуктивности, называют индуктивными

На рис.5.5 показаны типы индуктивных преобразователей. На рис.5.5,а изображен наиболее распространенный преобразователь с малым воздушным зазором S, длина которого изменяется под действием измеряемой величины Р. Рабочее перемещение в преобразователях с переменным зазором составляет 0,01... 10 мм.

Преобразователь с изменяющейся в соответствии со значением измеряемой величины площа-дью возлушного зазора приведен на рис.5.5,б. Преобразователи такого типа можно применять при измерении перемещений порядка 5...20 мм. На рис.5.5,в изображен преобразователь с разомкну-той магнитной цепью. Он представляет собой катушку 1, внутри которой помещен стальной сер-дечник 2. Перемещение сердечника вызывает изменение индуктивности катушки. Этот тип пре-образователя применяется для измерения значительных перемещений сердечника (J 0+100 мм).

Преобразователи, показанные на рис.5.5,г,д, основаны на изменении магнитного сопротивле-ния вследствие размагничивающего действия вторичных токов. В преобразователе (рис.5.5,г) в воздушный зазор вводится короткозамкнутый виток 1. В преобразователе (рис.5.5,д) аналогичное экранирующее действие обусловлено вторичными токами в профилированном электропроводном диске 1 из меди или алюминия Изменяя профиль диска, можно получить любой вил зависимости индуктивности от угла поворота диска. Преобразователи этого типа используются для измерения угловых перемещений до 180... 360°.

Одним из основных преимуществ индуктивных преобразователей является возможность полу-чения большой мощности преобразователя (до 1...5ВА), что позволяет пользоваться сравнительно мало^гувствительныМ указателем на выходе измерительной цепи и регистрировать измеряемую переменную величину без предварительного усиления. Лишь при малогабаритных преобразова-телях приходится прибегать к включении.1 усилителя между измерительной цепью и указателем или регистратором.

Преобразователи, преобразующие перемещение в изменение взаимоиндуктивности, принято называть трансформаторными , хотя более строгое название для этой группы преобразователей — взаимоиндуктнвные.

В трансформаторных преобразователях изменение взаим о ин¬дуктивности М можно получить не только при изменении магнитного сопротивления, но и при перемещении одной из обмоток, как это показано на ряс 5.4,6.

Взаимоиндуктивные преобразователи используются, как и индуктивные, для измерения ли-нейных перемещений, давления, расходов и ДР

Если к магнитной цепи преобразователя (рис. 5.4,в) приложить

сжимающие, растягивающие или скручивающие усилия, то вследствие их воздействия произойдет изменение магнитной проницаемости сердечника. Последнее вызовет изменение магнитного со-противления сердечника и приведет к изменению индуктивности обмотки, помещенной на сер-дечнике, или взаимоиндуктивности между обмотками Ш| и ш;-

Подобные преобразователи в качестве естественной входной величины имеют упругую де-формацию сердечника и могут быть использованы для измерения сил, давлений, моментов и т. д Эти преобразователи, основанные на изменении магнитного сопротивления, обусловленном из-менением магнитной проницаемости ферромагнитного сердечника под воздействием механиче-ской деформации, называются магнитаупругими.

Магнитоупругие датчики используются для измерения очень больших усилий и давлений.

На рис.5.4,г изображен преобразователь, конструктивно аналогичлый трансформаторному датчику, но с постоянным магнитом, который может быть заменен постоянным электромагнитом, если через обмотку eii пропустить постоянный ток. При неподвижной обмотке й»г ЭДС на ее за-жимах равна нулю. Но при движении обмотки «; магнитный поток в сердечнике будет изменять-ся, в обмотке появится ЭДС, отличная от нуля.

Поскольку скорость изменения магнитного потока определяется скоростью перемещения об-мотки в воздушном зазоре, то такой преобразователь имеет естественную входную величину в виде скорости линейных или угловых перемещений, а выходную - в виде индукгиро ванной ЭДС. Такие преобразователи называются индукционными.

Индукционные датчики подразделяются на две группы. В Преобразователях первой группы магнитное сопротивление на пути постоянного магнитного потока остается неизменным, а ЭДС наводится в катушке благодаря линейным или угловым колебаниям в зазоре магнита. В преобра-зователях второй группы постоянный магнит и катушка неподвижны, а индуктиро ванная ЭДС наводится путем изменения магнитного потока вследствие колебаний полного магнитного сопро-тивления магнитной цепи, создаваемых чаще всего изменением зазора в этой цепи.

Индукционные преобразователи в целях диагностики гидропривода используются для изме-рения частоты вращения, расхода и др.

Пьезоэлектрические датчики строятся на основе кристаллов и текстур, электризующихся под действием механических напряжений (прямой пьезоэффекг) и деформирующихся в электриче-ском поле (обратный пьезоэффект). Особенностью пьезоэффекга является знакочувствительность, т. е. изменение знака заряда при замене сжатия рас¬тяжением и изменение знака деформации при изменении направления поля. Наиболее известный пьезоэлектрический кристалл кварц. Если к крис¬таллу кварца вдоль так называемой электрической оси X приложена сила Fx, равномерно рас-пределенная по грани, перпендикулярной оси А", то в результате деформации элементарной ячейки кристалла ее электрическая нейтральность нарушается. На гранях, перпендикулярных оси X, возникает электрический заряд.

При равномерном нагружении со всех сторон (например, гидро¬статическое сжатие или тепло-вые напряжения и деформации) кристалл кварца остается электрически нейтральным так же, как и при нагружении по осям, перпендикулярным оси X.

Пироэлектрики представляют собой особую разновидность пьезоэлектрических кристаллов и отличаются от собственно пьезоэлектриков тем, что их ячейка имеет одно или несколько взаимно неуравновешенных полярных направлений. Благодаря этому указанная группа кристаллов поля-ризуется при всестороннем гидростатическом давлении и тепловом расширении, откуда и проис-ходит название «пироэлектрики». Типичным представителем пироэлектриков является турмалин.

Сегнетоэлектрики входят в группу пироэлектрических кристаллов. Характерным отличием сешетоэлектриков является то, что их кристалл разбит на домены, в пределах которых существует упорядоченная структура и свое полярное направление. Однако полярные направления доменов ориентированы по-разному. С егнето электрикам присуща нелинейная зависимость плотности поляризованных зарядов от внешних воздействий (механические напряжения, температура и т. д.) и гистерезис.

Типичными представителями сегнетоэлектриков являются сегнетова соль и монокристалличе-ский титан ат бария. Сегнетоэлектрические монокристаллы сравнительно мало используются в измерительной технике из-за относительно низкой стабильности свойств и трудности получения бездефектных монокристаллов.

Сегнетоэлектрические пьезокерамики представляют собой продукт отжига спрессованной смеси, состоящей из мелкораздробленного сегнето электрического кристалла с присадками. Пье-зоэлектрические свойства они приобретают после поляризации в сильном электрическом поле, направление которого и определяет полярный вектор пьезокерамики.

В настоящее время сырьем для производства пьезокерамики наряду с титанатом бария BaTiO? служат титанат свинца PbTiO3 и иирконат свинца pbZrOi. Наилучшие результаты получаются при использовании смесей этих материалов — так называемых цирконато-титанатов свинца (керами-ки типа ЦТС), которые получили сейчас самое широкое распространение, так как, обладая такой же чувствительностью, как и ВаТЮз, они обеспечивают работу датчика в температурном диапа-зоне до 200...250° С.

Выходная мощность пьезоэлектрических датчиков очень мала, поэтому на выходе датчика должен быть включен усилитель с возможно большим входным сопротивлением.

Погрешности пьезоэлектрических датчиков складываются прежде всего из погрешности от измерения параметров измерительной цепи, температурной погрешности, вызываемой изменени-ем пьезоэлектрической постоянной, погрешности вследствие неправильной установки пластин, погрепгности из-за чувствительности к силам, действующим перпендикулярно измерительной оси датчика, и частотной погрешности.

Пьезоэлектрические датчики могут быть выполнены с частотой собственных колебаний f^lOO КГц, что позволяет измерять механические величины, изменяющиеся с частотой до 1... 10 кГц.

Недостатком пьезоэлектрических датчиков является О1раниченная возможность измерения статических параметров.

Пьезоэлектрические датчики используются для измерения давления, пульсации давления, вибрации, колебаний уровней и др.

Термоэлектрические датчики (термопары) представляют собой цепь из двух проводников {или полупроводников), выполненных из различных материалов и соединенных своими концами. Если температура одного места соединения отличается от температуры другого места, то в цепи появится ЭДС, называемая термоэлектродвижущей силой (термо-ЭДС). Проводники, состав л яго щие термоэлектрический преобразователь, называют термоэлектородами, а места их соединений - спаями.

При небольшом перепаде температур между спаями термо-ЭДС практически линейно зависит от разности температур.

Материал термоэлектродов выбирается в зависимости от чувствительности спая к измене-нию температуры, те от приращения величины термо-ЭДС при фиксированном перепаде темпе-ратур, а также с учетом химической инертности термоэлектродов во внешней среде.

На чувствительность термопары значительное влияние оказывает химическая чистота матери-ала, а также способы механической и термической обработки при изготовлении. Поэтому все об-разцы изготовленных датчиков подвергаются тарировке.

Измерение температуры производится следующим образом. Один из спаев (рабочий) помеша-ется в измеряемую среду, а другой размыкается и подключается к электрическому прибору с вы-соким входным сопротивлением (мили и вольтметру). При этом места подключения (свободные концы термопары) должны находиться в среде с известной температурой. Наиболее точные ре-зультаты получаются, если эти места находятся в сосудах с тающим льдом (0°С).

Однако не всегда возможно сделать термоэлектроды необходимой длины, чтобы свободные концы можно было бы разместить на достаточном удалении от рабочего спая. Кроме того, при использовании благородных металлов делать длинные термоэлсктроды экономически невыгодно. Поэтому измерительный прибор приходится подключать к свободным концам термопары с по-мощью проводов из других относительно дешевых материалов. Чтобы сохранить точность и чув-ствительность термопары материал удлинительных проводов выбирают таким образом, чтобы спай и\ с термоэлектродами был по термо-ЭДС идентичен рабочему спаю, а места пол ключен ия их к терм о электродам имели одинаковую температуру. Для термопары плат кна-плагинородий (90%Pt + 10%Rn) в диапазоне от 0°С до !50°С и для термопары вольфрам-молибден применяются удлинительные электроды из меди и сплава ТП. Для термопары хромель-алюмель удлинительные термоэлектроды изготавливаются из меди и Константина, а для пары хромель-копель удлини-тельными являются основные терм о электроды, но выполненные в виде гибких проводов.

На точность измерения температуры прежде всего влияют точность и стабильность темпера-турь! свободных концов термопары. При отличии температуры от той, при которой проводилась тарировка, в полученные результаты должны вноситься поправки, величина которых изменяется в зависимости от диапазона как измеряемой температуры, так и температуры свободных концов.

Вторым фактором, влияющим на точность измерений, является возможное изменение сопро-тивления соединительных проводов.

Термопары используются для из мере! тя температуры и перепада температур рабочей жидко-сти, корпусов гидромашин и т.п.

Термосопротивления (термометры сопротивления, терморезисторы) используют явление из-менения электрического сопротивления в зависимости от температуры. Термосопротивления бы-вают металлические и полупроводниковые.

Металлические термосопротивления изготавливаются из материалов, обладающих высокоста-бильным температурным коэффициентом сопротивления, линейной зависимостью сопротивле-ния от температуры, хорошей воспроизводимостью свойств и инертностью к воздействию окру-жающей среды. К таким материалам в первую очередь относится платина. Благодаря своей деше-визне широко распространены медные терморезисторы, применяются также вольфрамовые и ни-келевые.

Диапазон температур, при котором может применяться терморезистор, определяется в основ-ном инертностью ею материала.

Мсдные терморезисторы используются в диапазоне от -50 до +200°С, платиновые - от -200 до +650°С, никелевые - до +250...300°С, вольфрамовые - до 400иС. Верхние границы диапазонов мо-гут быть повышены при наличии хорошей изоляции материала терморезистора от окружающей среды.

Полупроводниковые терморезисторы на основе индия, германия и кремния отличаются от ме-таллических значительно меньшими габаритами я большей чувствительностью.

Недостатками полупроводниковых терморезисторов являются ограниченный диапазон изме-ряемых температур (от -60 до +100...125сС) и нелинейность зависимости между температурой и сопротивлением, что вызывает необходимость применения специальных корректирующих эле-ментов.

Погрешности, возникающие при измерении температуры термометрами сопротивления, вы-зываются нестабильностью во времени начального сопротивления и температурного коэффици-ента сопротивления, изменением сопротивления линии, соединяющей термометр с измеритель-ным прибором, перегревом термометра измерительным током.

Тем не менее термометры сопротивления относятся к одним из наиболее точных преобразова-телей температуры. На основе платины и полупроводников могут быть получены терморезисторы с погрешностью порядка 0,001°С.

В практике технических измерений используются и другие типы датчиков, однако их приме-нение ограничено чаше всего специфическими задачами.

Некоторые из них, которые могут использоваться для решения отдельных задач диагностики гидроприводов, описаны ниже.

Средства измерения давлении

Измерение давления при диагностировании гидроприводов машин производится в различных точках линий низкого и высокого давления: в баке гидросистемы, на входе и выходе насоса, на входе и выходе диагности¬руемого гидроагрегата, в сливных и дренажных магистралях.

Динамические процессы, происходящие в гидросистемах машин, тре¬буют измерения быстро изменяющегося и пульсирующего давления. Диапа¬зон измеряемого низкого давления в линиях всасывания составляет от давления вакуума до 0,3 МПа, в лилиях слива и дренажа - от 0,1 до 1,0 МПа, в линиях нагнетания - от 5 до 40 МПа. Диапазон частоты измеряемого давления может ко-лебаться от 0,1 до 5... 10 кГц.

Наиболее простыми и надежными приборами для измерения избыточного давления являются пружинные манометры, а для измерения разрежения - вакуумметры. Параметры и размерь; мано-метров регламентирует ГОСТ 8625-77 Е.

Манометры предназначены для измерения постоянного или плавно из¬меняющегося давления при отсутствии вибрации (за исключением особых случаев). Поэтому их целесообразно приме-нять в диагностических стационарных и передвижных стендах, а также в установках для тариров-ки датчиков давления другого типа. При применении манометров для изме¬рения пульсирующего давления их следует оснащать демпферами.

Кроме манометров, в диагностических устройствах и стендах используют датчики, преобра-зовывающие деформацию измерительного чувствительного элемента (мембраны, сильфона, бал-ки, пружины, струны) в электрический сигнал.

Для преобразования давления в электрический сигнал используют описанные выше типы дат-чиков: потенциометрический. тензо-метрический, электромагнитный, емкостный, пьезоэлек-трический и вибрационно-частотнът

В электромагнитном датчике прогиб мембраны или деформация еильфона под действием дав-ления приводит к изменению характеристик магнитной цепи первичного датчика. Чувствитель-ный элемент емкостного прибора изменяет емкость в цели датчика. Выходным сигналом пьезо-электрического датчика является разность потенциалов, возникающая на кристалле при воздей-ствии на него давления рабочей среды. В вибрационно-частотном приборе деформация чувстви-тельного элемента -мембраны - вызывает изменение напряжений растяжения на ней, собственная частота которой зависит от этих напряжений и является информативным параметром выходного электрического сигнала.

В большинстве дагчиков давления для преобразования давления в перемещение используются упругие элементы в виде плоских и гофрированных круглых мембран с отношением толщины к диаметру в Пределах от 0,1 до 0,02.

При измерении давления жидкости возникает специфическая задача неискаженной передачи этого параметра на вход датчика давления бе) нарушения условия функционирования контроли-руемого объекта. Соответственно к присоединительным элементам датчика давления предъявля-ются, с одной стороны, требования точности преобразования, а с другой - требования герметич-ности и механической прочности.

Очень часто датчики давления присоединяют к контролируемым объектам с помощью трубо-проводов. При статическом давлении коэффициент преобразования трубопровода постоянен и равен единице. При быстро изменяющемся давлении требуется определение динамических харак-теристик присоединительных трубопроводов, характеризуемых собственной частотой колебаний среды в них. В настоящее время созданы полупроводниковые миниатюрные датчики давления с возможностью их встраивания непосредственно в гидроагрегаты.

Для удобства и быстроты монтажа датчиков в гидравлическую систему необходимо преду-смотреть в конструкции гидравлической системы элементы сопряжения. Это совокупность узлов, позволяющая при эксплуатации, ремонте, техническом обслуживании и наладке гидравлических систем быстро подсоединить к гидроприводу датчик давления для измерения избыточного давле-ния или вакуума без остановки и разгерметизации гидропривода, выпускать воздух из гидравли-ческих систем и гидроприводов, отбирать пробы масла для анализа, легко измерить давление в труднодоступных местах гидропривода.

Средства измерения пульсации давления

Неравномерность подачи насосов определяется особенностями кинематики, а также несовер-шенством процесса распределения рабочей жидкости. Кинематическая неравномерность подачи оказывает незначительное влияние на амплитуду пульсации давления. Основной причиной по-вышенной пульсации давления в напорных магистралях насосов и гидромоторов являются пере-пады давления в рабочих камерах, наблюдаемые в момент перехода замкнутого надпоршневого объема жидкости через перемычку плоского распределителя, разделяющую окна всасывания и нагнетания. При этом механизм возникновения пульсации давления объясняется следующим. Ко-гда цилиндр с рабочей жидкостью при давлении магистрали всасывания пройдет через перемычку и соединится с окном нагнетания и давлением магистрали нагнетания, которое на несколько по-рядков выше давления всасывания, произойдет мгновенное выравнивание давления под действием обратного потока жидкости из нагнетательного окна в цилиндр. Обратный поток жидкости вызы-вается сжатием заключенной в цилиндре жидкости с давлением всасывания (включая сжатие воз-можного нерастворенного воздуха) до давления нагнетания. Обратный поток определяется пере-падом давления, упругостью рабочей жидкости, объемом надпоршневого пространства в цилин-дре, деформацией цилиндра при возрастании в нем давления.

При длительной работе поршневых насосов и гидромогоров в резуль¬тате изнашивания возни-кают осевые люфты, радиальные зазоры между поршнями и отверстиями в блоке цилиндров, из-нос распределителя, щечек кардана и другие неисправности. Это нарушает работу насоса и спо-собст¬вует увеличению амплитуды пульсации давления.

Параметры пульсации давления, связанные с кинематической структу¬рой насосов и гидромо-торов, могут быть использованы для определения технического состояния отдельных кинемати-ческих пар этих механизмов. Переходные процессы, вызывающие колебания давления (волновые процессы) в системах гидравлического привода, могут быть также вызваны изменением нагрузки на исполнительном органе, внезапными остановками движущихся частей гидропривода, срабаты-ванием гидроаппаратуры управления или регулирования и другими причинами.

Для измерения пульсации давления применяют тензорезисторные, индуктивные, емкостные, магнитные, пьезоэлектрические и другие преоб¬разователи. Основные требования к преобразова-телям измерения пульсации давления следующие: высокая чувствительность и возможность ее регулирования, универеajibноеть, широкий диапазон рабочих частот, возможность работы в усло-виях повышенной вибрации, малые размеры, надежность и долго вечность, широкий диапазон ра-бочих температур (от -40 до +1ООаС).

Основными параметрами преобразователей, которые можно исполь¬зовать для измерения пульсации давления, являются чувствительность (В/МПз) и частотный диапазон (Гц). Эти два па-раметра зачастую взаимо¬связаны, поэтому при выборе типа преобразователя иногда приходится ограничиваться одним параметром. Обычно частотный диапазон для измерения пульсации давле-ния рассматривают для всего измерительного канала, который включает в себя первичный преоб-разователь, согласующую аппаратуру, усилитель сигнала и регистрирующую аппаратуру.

Выбор необходимого преобразователя измерения пульсации давления определяется потребно-стью проводимого эксперимента. Для измерения пульсации давления могут использоваться мно-гие типы преобразователей для измерения давления. Главное условие их применения — это при-емлемая чувствительность и рабочий диапазон частот.

Длительность импульсов от отдельных поршневых пар определяется скоростью выравнивания давления между цилиндром и линией нагнетания (скоростью распространения колебаний в жид-кости), а также временем выбирания осевого люфта. Как показывают исследования, длительность импульсов от отдельных поршневых пар составляет 0,008...0,0001с, сле¬довательно, верхняя часто-та преобразователя (канала) измерения пульсации давления должна быть не менее fs=l/At=10 кГц.

При решении вопросов диагностирования гидравлических машин боль¬шое значение имеет правильный выбор параметров пульсации давления в напорной линии гидропривода, по которым возможна объективная оценка технического состояния гидромашины. Как отмечалось, параметры пульса¬ции давления в нагнетающей линии характеризуют техническое состояние деталей качаю-щего узла поршневых насосов и гидромоторов.

Как показывают исследования, на амплитуду пульсации давления (ее абсолютное значение) оказывают значительное влияние такие факторы, как изменение температуры и давления рабочей жидкости, частота вращения вала насоса, конструктивные особенности напорной линии, наличие нерастворе иного воздуха в жидкости и др.

Соблюдение постоянства этих факторов при проведении технического диагностирования непосредственно на реальном объекте очень сложно.

Относительные параметры пульсации давления менее чувствительны к изменению темпера-туры, давления жидкости, частоты вращения вала на¬соса и конструктивным особенностям систе-мы гидропривода.

В связи с этим при диагностировании аксиально-поршневых насосов используются следующие относительные параметры пульсации давления:

где Дршах и Дрср - математические ожидания максимального и сред пев ы прямленного значения амплитуд пульсации давления; Др; -текущая амплитуда пульсации давления; рс„ - давление рабо-чей жидкости в линии, где установлен преобразователь; ДрШщ - математическое ожидание мини-мальной амплитуды пульсации в реализации процесса функционирования насоса

Относительный параметр пульсации r|i давления малочувствителен к изменению температуры и давления рабочей жидкости в системе гидропри¬вода, но имеет ограниченное использование, так как при увеличении числа неисправных поршневых пар значение Apq, приближается к значению Дрпщ Он может быть использован, если число неисправных поршневых пар не превышает 2...3.

На относительный параметр пульсации давления ц2, как показывают результаты исследова-ний, влияет изменение давления и температуры рабочей жидкости, поэтому использование его в качестве критерия диагностирования технического состояния насосов возможно только при усло-вии стабильного режима работы системы.

На относительный параметр т|з слабо влияет изменение температуры и давления в системе гидропривода, хотя его диагностическая ценность теряется, если в насосе будут неисправны все поршневые пары. Анализ ма¬териалов дефекгтации насосов, поступивших в ремонт, показал, что иссле¬дуемые насосы (32 шт.) после отработки межремонтного ресурса имеют минимум две поршневые пары с осевыми люфтами, не вышедшими за пре¬делы допуска (0,06 мм).

Экспериментально установлено, что такие суммарные осевые люфты не вызывают увеличения амплитуд пульсации давления, поэтому в пуль с анионном спектре, отражающем процесс функ-ционирования насоса, всегда прис>тствует величина Дртш, соответствующая исправной поршне-вой паре. Другие неисправности деталей качающего узла (радиальные зазоры в поршневой паре, изношенные распределительный золотник и щечки кар данного вала) также приводят к возраста-нию амплитуд пульсации давления. В связи с этим целесообразно использовать обобщенный па-раметр (суммарный осевой люфт) технического состояния качающего узла насоса. Он устанавли-вается из следующих соображений. Каждый насос в соответствии с нормативной технической до-кументацией имеет ограничения амплитуды пульсации давления. Например, для аксиально-поршневых насосов постоянной подачи максимальная амплитуда пульсации ограничивается 10...20 % номинального давления в системе гидропривода. Предельное значение амплитуды пуль-сации давления вызывается работой насосов с суммарными осевыми люфтами, s=O,32 мм. Тогда в качестве обобщенного параметра технического состояния насоса принимается такой параметр общего технического состояния деталей качающего узла, при котором изменение параметра гр будет аналогично его изменению, как и при суммарном осевом люфте, равном 0,32 мм.

Установлено, что ухудшение технического состояния отдельных деталей качающего узла насоса приводит к увеличению диагностического параметра Т);. Использование r\i в качестве обобщенного диагностического параметра значительно упрощает средства диагностирования. Однако конкретно трудно установить, какая кинемагическая пара качающего узла неисправна, если не использовать дополнительную информацию о техническом состоянии насоса и других его параметрах.

Средства измерения расхода жидкости

Одним из основных параметров для диагностирования агрегатов систем гидравлического при-вода является расход рабочей жидкости Диапазоны его изменения находятся В пределах от 0,1 до 10 см /мин при диагностировании распределительных и регулирующих устройств и до 10" см'/мин при диагностировании гидромашин. Это требует выбора или разработки средств диагно-стирования, позволяющих производить измерение расходов в широком диапазоне и с высокой точностью.

Измерение расхода рабочей жидкости производится прямым, объемным, массовым методами и посредством гидромотора в качестве расходомера.

Прямой метод состоит в непосредственном измерении приборами, указанными в табл. 5.5 и 5 6.

Примечания: ε - погрешность измерения, Т — постоянная времени, ЧП -установка чув-ствительного элемента в поток, S - сложность устройства, Р11 - измерение реверсивных потоков.

Наибольшую точность ±(0,1…0,5)% измерения расходов удалось получить при примене-нии расходомеров, осуществляющих объемные методы измерения. В этом случае измеряемые объемы жидкости отсекаются подвижными измерительными элементами (камерными счетчика-ми). Однако такие расходомеры малонадежны и имеют большое гидравлическое сопротивление и массу.

Расходомеры переменного и постоянного перепада давлена Р основаны на принципе зависи-мости расхода жидкости через местное сопротивление от перепада давления на кем. Ввиду низ-кой точности, неустойчивости к вибрации, большого гидравлического сопротивления я других недостатков эти расходомеры являются неприемлемыми при Диап юстирова! ши.

Надежность и простота расходомера в большой степени определяются отсутствием подвиж-ных измерительных элементов и 1рущихся опор Например, турбинные и гироскопические расхо-домеры имеют по сравнению с камерными меньшие размеры и массу, но погрешность у них знз-чительно снижает их надежность и срок службы.

Электромагнитные расходомеры пред почтите льны лишь для измерения электропроводных жидкостей Чистые гидравлические масла, применяе.мые в системах гидропривода, не электро-проводны, поэтому такой расходомер принципиально неприменим для этих систем.

Ультразвуковые методы измерения расхода основаны на явлении смещения акустических ко-лебаний движущейся средой.

Актуальной задачей является создание малых по габаритам и массе, а также достаточно про-стых и надежных в эксплуатации встроенных ультра¬звуковых преобразователей для измерения малых расходов жидкости в гидросистемах с высокой точностью.

В контактных и неконтактных тепловых расходомерах выходной сигнал, по которому судят о расходе, зависит от разности температур в сечениях потока, расположенных до и после нагрева-теля. Основным недостатком таких расходомеров является нагрев всего или части измеряемого потока, а, следовательно, и большая инерционность.

Большая погрешность измерения и значительные габариты и масса не позволяют применить их для диагностирования гидросистем.

Новые типы расходомеров - лазерные и вихревые - относятся к расходомерам повышенной точности, но ввиду больших габаритов и массы, а также большой сложности и стоимости приме-нение их в гидросистемах затруднено.

Меточные расходомеры основаны на контроле движения меток Приборы имеют устройство, периодически создающее ту или иную метку в потоке и осуществляющее контроль за ее переме-щением на определенном участке пути в потоке, и измеритель скорости потока как фу нищи, свя-занной с каким-либо параметром (временем, сдвигом фазы, частотой повторения меток и т, д.), характеризующим движение метки на данном участке пути. Создание измерительных меток мо-жет быть осуществлено различными способами тепловым, оптическим, химическим, ионизацион-ным, ядерно-магнитным, вихревым и др. Хотя ресурс и надежность меточных расходомеров вы-сокие, формирование устойчивой во времени метки без внесения инородных тел в измеряемую жидкость представляется довольно трудным. Однако при условии решения этой задачи такой ме-тод в будущем может занять одно из ведущих мест в измерении малых расходов при диагности-ровании агрегатов гидравлического привода.

Электрогидродинамические преобразователи с аналоговым электрическим сигналом основа-ны на использовании зависимости плот¬ности электрического тока в предварительно заряженном потоке диэлект¬рической жидкости от расхода. Недостатками этих преобразователей яв.чяются: необходимость стабилизированного источника высокого напряжения для питания и большое гид-равлическое сопротивление поток) жидкости.

Электрокинетические первичные преобразователи расхода жидкости в электрический сигнал не предусматривают наличия в своей структуре дополнительных источников высокого напряже-ния, что значительно упрошает их конструкцию. Принцип действия этих преобразователей осно-ван на использовании электрических явлений, возникающих при протекании жидкости через ма-лые отверстия (капилляры), выполненные, как правило, из диэлектрического материала. При этом сила генерируемого тока линейно зависит от средней скорости потока рабочей жидкости. Ввиду большого гидравлического сопротивления, зависимости выходного сигнала от температуры рабо-чей жидкости и малой помехозащищенности применение таких преобразователей для диагности-рования гидросистем ограничено.

Термоанемометры давно используются для измерения расходов воздуха. Чувствительным элементом термоанемометра является очень тонкая короткая металлическая нить, которая нагре-вается электрическим током. Нить охлаждается протекаю щим воздухом (жидкостью), что вызы-вает уменьшение температуры и, следовательно, снижение ее электрического сопротивления. В качестве измеряемой величины, но которой определяют расход, служит температура преобразо-вателя при постоянной мощности нагрева, мощность, сила тока или напряжение при условии поддержания постоянной температуры преобразователя. Применение металлической нити в каче-стве чувствительного элемента расходомера для гидросистем исключается ввиду низкой механи-ческой прочности нити и трудности ее электрической изоляции от потока измеряемой жидкости.

Более приемлемыми являются полупроводниковые микротермо-сопротивления (термисторы). Эти датчики обладают хорошими прочностными свойствами, электроизолированы от потока, имеют малые габариты и массу, а также обладают на порядок большей чувствительностью, чем термоанемометры с металлическими нитями. Термоанемометрический способ измерения расхода жидкости является приемлемым для диагностирования систем гидравлического привода.

Объемный метод состоит в измерении объема рабочей жидкости при одновременном опреде-лении временя заполнения мерного сосуда или протекания жидкости через счетчик. Расход жид-кости подсчитывается по формуле Q=V/t,

где V - измеряемый объем, t — время заполнения сосуда или протекания через счетчик.

Этот метод позволяет проводить измерения с точностью, недоступной Для других методов измерения расхода. Однако вследствие громоздкости и больших затрат времени для проведения измерений он используется Б основном для тарировки других средств измерения расхода.

Приборы для измерения объема рабочей жидкости указаны в табл.5.7.

Весовой метод состоит в измерении массы m жидкости взвешиванием на весах с одновремен-ным замером времени t заполнения емкости и плотности р этой массы, Плотность замеряется денсиметрами или пикнометрами.

Расход Q жидкости определяется но формуле

При измерении расхода посредством гидромогора параметр движения жидкости рассчитыва-ется по формуле

где q - рабочий объем гидромотора, а - частота вращения его вала.

Средства измерения температуры

Выбор метола измерения температуры при диагностировании гидро¬приводов определяется следующими основными факторами: областью измеряемых температур, чувствительностью и точностью терм о преобразователя, инерционностью датчика, внешними условиями проведения измерений, доступностью средств измерения.

Наибольшее распространение получили следующие типы термопреобразователей: термопре-образователи, основанные на тепловом расширении жидкостей, газов и твердых тел; термоэлек-трические термопреобразователи (термопары); металлические термопреобразоватсди сопротив-ления; полупроводниковые терм о преобразователи сопротивления (термисторы); термочувстви-тельные кварцевые резонаторы; бесконтактные датчики измерения температуры; термоиндикато-ры.

Жидкостно-стеклянные преобразователи температуры

(термометры) используюг для измерения температур от -50 до +(500...700)°С. Точность измере-ния составляет 0,1.,.1°С у технических термометров и 0,01 ...0,05°С -у лабораторных.

Преимущества жидкостных термометров -— простота конструкции, высокая стабильность, невысокая стоимость изготовления. Термометры могут применяться для измерения температу-ры рабочей жидкости Б гидробаках диагностируемых гидросистем, в лабораторных устройствах для измерения вязкости и плотности, в гидробаках испытательных стендов. Широко используют-ся жидкостные термометры при тарировке других типов термопреобразователей.

Манометрические преобразователи температуры предназначены для измерения температу-ры от -100 до +600°С. Принцип действия их основан на использовании зависимости между тем-пературой и давлением рабочего тела, заключенного в герметически замкнутый объем. По кон-структивному исполнению они могут быть показывающие, самопишущие и комбинированные. Точность измерения 1 ...2 %.

Преимущества таких преобразователей - простота конструкции, вибро¬устойчивость, возмож-ность дистанционного измерения температуры. Недостаток - значительные габариты, низкая точ-ность измерения. Такие преобразователи целесообразно применять для измерения температуры жидкости в гидросистемах машин и стендов.

Биметаллические преобразователи применяют в широком диапазоне температур. Принцип действия основан на тепловом расширении твердых тел, состоящих из сваренных пластин с раз-ными коэффициентами расширения. При нагревании биметаллических элементов происходит их деформация, которая приводит в действие указательную систему.

Преимущества - простота конструкции, надежность в работе. Биметал¬лические преобразова-тели применяют в качестве элементов компенсации температурных погрешностей приборов и для измерения температуры жидкости и окружающей среды.

Принцип действия термоэлектрических преобразователей основан на создании в них термо-электро движущей силы при разности температур в местах соединения двух разнородных про-водников. Особенностью измерения температуры посредством термоиреобразователей является необходимость стабилизации температуры свободных концов либо компенсация влияния измене-ния этой температуры.

Термоэлектрическими преобразователями можно измерять температу¬ру от -200 до +1000°С с высокой точностью. При температуре от 0 до 100"С можно определять разность температур с точностью до 0,01°С. Материалы для термопары подбирают так, чтобы в одном электроде возни-кала положительная термоэлектро движущая, а в другом - отрицательная термо¬электродвижущая сила. Термопары изготавливают из благородных и небла¬городных металлов. Термопары из благо-родных металлов применяют для измерения высоких температур и при точных измерениях. Для измерения температуры при диагностировании гидроприводов допускается использо¬вать термо-пары из неблагородных металлов и сплавов. Существуют следующие виды термоэлектрических преобразователей: хромель-копелевые (ХК) - положительный электрод хромелевый, отрицатель-ный – из сплава копель; хромель-алюмелевые (ХА) - положительный электрод из хромеля, отри-цательный - из сплава алюмель.

Находят применение также медь-константановые, имеющие высок>то стабильность и воспро-изводимость во времени, а также железо-копелевые и медь-копе левые термоэлектрические пре-образователи.

В тех случаях, когда измерение температуры рабочей жидкости и тем¬пературы поверхности гидроагрегатов стандартными термоэлектрическими преобразователями затруднено, применяют термопреобразователи специ¬альные. Уменьшение диаметра термоэлектродов (0,1 ...0,2 мм) зна-чительно понижает инерционность термоэлектрических преобразователей. Для уве¬личения чув-ствительности используют несколько термоэлектрических пре¬образователей, образующих термо-батарею.

Принцип действия металлических термопреобразователей сопротивления основан на свойстве металлов изменять сопротивление при изменении температуры.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает стандартные и нестандартные термометры сопротивления с применением платиновой (ТСП) или мелной (ТСМ) проволоки. С помощью термометров сопротивления с платиновой проволокой можно измерять температуру от -260 до +1100"С, а с помощью термометров сопротивления с медной проволокой от -50 до t-180°C. Свойства большинства видов термопреобразователей сопротивления регламентирует ГОСТ 6651 -84.

Полупроводниковые терморезисторы по сравнению с металлическими термопреобразовате-лями имеют больший температурный коэффициент сопротивления. Это позволяет изготовлять полупро¬водниковые терморезисторы малых размеров с высоким быстродействием. С помощью этих терморезисторов можно измерить температуру от -200 до +1000аС. В основном полупровод-никовые терморезисторы применяют для измерения температур от -60 до +!25°С.

К недостаткам полупроводниковых терморезисторов можно отнести нелинейный характер за-висимости электрического сопротивления от темпе¬ратуры, разброс сопротивления (до 20%) даже для одного типа полупро¬водникового терморезистора, малую допустимую мощность рассеивания Поэтому трудно обеспечить взаимозаменяемость полупроводниковых тер¬морезисторов, в резуль-тате чего погрешность измерения температуры при их замене может составлять 1-^2% и более. При индивидуальной тарировка погрешность не превышает 0,01^0,1 %.

Для измерения температуры рабочих жидкостей при избыточном давлении полупроводнико-вые герморезисторы помещают в защитные кожухи, имеющие высокую теплопроводность, а для уменьшения их инерционности свободную полость заполняют теплопроводной пастой.

Вес большее распространение в качестве термопреобразователей полу¬чают полупроводнико-вые элементы с p-n-лереходами. Из них следует выделить диоды, транзисторы, стабилитроны. Преимуществами данных термопреобразователей являются хорошая линейность в диапазоне тем-ператур -2О...+100°С, приближающаяся к линейности металлических термопреобразователей с платиновой проволокой, высокая температурная чувствительность, малые габариты, небольшая тепловая постоянная времени.

Изменение температуры полупроводникового слоя вызывает линейное изменение контактной разности потенциалов коллекторного перехода р-n с постоянным температурным коэффициен-том, равным для кремния 2мВ/°С. Применение соответствующих цифровых вольтметров позволя-ет проводить измерение температуры с погрешностью не более ± 0,5°С.

Чувствительность термопреобразователя, выполненного на основе

транзисторов, превосходит чувствительность диодных

термопреобразователей.

Получение возможности изменять выходные электрические параметры транзисторов с помо-щью управляющего входа позволяет создавать на их основе широкопредельные термочувстви-тельные элементы. Практически любой кремниевый транзистор может быть использован как ли-нейный термопреобразователь в диапазоне температур —5О...+125°С, однако пред¬почтение сле-дует отдавать транзисторам в металлостеклянных корпусах. Эти транзисторы обеспечивают луч-шую теплопередачу, чем пластмассовые и стеклянные.

Тер мо преобразователи в виде термочувствительных кварцевых резона¬торов представляют перспективную основу для развития термодинамичес¬кого метода диагностирования гидроагрега-тов машин. Пьезоэлектрический резонатор представляет собой акустически изолированный эле-мент, выпол¬ненный из монокристаллического или поликристаллического пьез о материала с нанесенными на его поверхности или расположенными в непосредственной близости от него то-копроводящими электродами. Для возбуждения колебаний к электродам резонатора подводится переменное напряжение.

Термочувствительные кварцевые резонаторы, выполненные на основе пьезорезонаторов с ли-нейной температурно-частотной характеристикой, имеют достаточно высокий коэффициент тер-мочувствительности (20... 1000 ГцГС), высокую температурную стабильность, выделяют неболь-шую мощность в исследуемую среду Эти резонаторы целесообразно применять при измерении температуры от -60 до +120сС с разрешающей способностью от 0,01 до 0,001 ºС.

По быстродействию термочувствительные кварцевые резонаторы уступают терморезисторам и термоэлектрическим преобразователям, но по чувствительности, линейности, стабильности ха-рактеристик они значительно превосходят остальные типы термопреобразователей.

В качестве бесконтактных датчиков температуры применяют различные устройства, работа-ющие с использованием бесконтактных методов измерения температуры (оптических, ультразву-ковых, радиометрических). В настоящее время наибольшее распространение получили оптиче-ские методы. Оптико-электронные устройства бесконтактного измерения температур называют пирометрами. Устройства, предназначенные для создания видимых изображений объектов благо-даря различным излучательным свойствам отдельных участков этих объектов и окружающего фо-на, называют тепловизорами. К преимуществам оптических методов измерения температуры можно отнести возможность измерения на расстоянии, высокое быстродействие, отсутствие вли-яния измерительного прибора на намеряемый объект.

Термоиндикаторы бывают в основном двух типов, индикаторы плавления, которые при до-стижении определенной температуры переходят из твердого состояния в жидкое, и термокраски, изменяющие свой цвет при нагреве до критических температур. Основным недостатком термо-красок является их плохая адгезия с исследуемой нагреваемой поверхностью.

Термоиндикаторы наносятся на объект в виде полосок шириной 7...10 мм в порядке увеличе-ния критической температуры изменения цвета (плавления). С помощью термоиндикаторов по-лучены хорошие результаты измерения температуры поверхностей корпусов насосов, гидромото-ров и дроссельных элементов.

Средства измерения крутящего момента

Приборы для измерения крутящего момента приведены в табл.5.8. Номинальная мощность ба-лансирных динамометров не должна превышать номинальной мощности испытуемого устройства более чем в 2 раза. Погрешность силоизмерителей должна быть не более ±0,1% максимального значения шкалы.

Методы и средства диагностики но КПД

Назначением гидропривода в любой машине является преобразование механической энергии приводного двигателя в энергию потока жидкости и далее в механическую энергию исполнитель-ных органов.

Изменение технического состояния того или иного гидроагрегата поразному сказывается на снижении производительности машины. Больше всего уменьшается производительность машины при снижении эффектив¬ности работы насоса. Время работы отдельных исполнительных гидро-дви¬гателей (гидромоторов и гидроцилиндров) составляет от 5 до 25 % времени работы насоса, а отдельных распределительных устройств 15...30%,

Для определения технического состояния элементов гидроприводов при экешгуатации необ-ходимо выбрать способ контроля, который обеспе¬чивал бы эффективную оценку при наименьших затратах и позволил бы определять те параметры, изменение которых при эксплуатации приводит к максимальным потерям. Кроме того, выбранные параметры должны позволять осуществлять контроль технического состояния элементов гидропривода без снятия их с машины и без разбор-ки Этим требованиям прежде всего отвечает контроль технического состояния гидропривода по коэффициенту полезного действия.

При эксплуатации вследствие изнашивания элементов происходит уве¬личение внутренних утечек в гидромашине, что приводит к снижению ее объемного rioo и полного г) КПД, которые связаны известным соотношением:

(5.2)

где T)Mex - механический КПД, учитывающий потери мощности гидромашины на преодоление сил трения в ее подвижных элементах.

Контроль объемного КПД гидромашины при эксплуатации позволяет оценить внутренние утечки и, таким образом, дать определенную интегральную оценку ее технического состояния без демонтажа и разборки.

Объемный КПД насоса

(5.3)

где О.ф и Qr - фактическая и теоретическая подача насоса.

Согласно требованиям ГОСТ 14658-86 при приемосдаточных испы¬таниях насосов следует определять коэффициент подачи Ку — параметр, соответствующий объемному КПД:

(5.4)

где Q\* - подача насоса при номинальном давлении р„, QH0 - подача насоса при минимально воз-можном давлении р0.

Минимально возможное давление в ряде гидроприводов может состав-дять 3...15 % номи-нального давления. Погрешность, возникающая при определении Кц, может быть устранена, если коэффициент подачи

(5.5)

Измерение Q и Q,]o следует произвоякть при постоянной частоте вра¬щения вала насоса, но так как при диагностировании мобильных машин поддерживать постоянную частоту вращения практически невозможно, то необходимо привести подачу к номинальной частоте вращения:

(5.6)

где QH.ITP, QHJUM - приведенная и измеренная подача насоса; !)„□„, Пиы, -номинальная и полу-ченная при испытаниях частота вращения.

При диагностировании сдвоенных насосов с регулятором мощности параметры технического состояния определяют отдельно для каждого качающего узла. Если регулятор мощности срабаты-вает при давлении ниже номинального, что легко установить по значительному уменьшению по-дачи при повышении перепада давления, то коэффициент подачи определяют при давлении на 0,5...0,7 МПа меньшем давления, соответствующего началу регулирования.

Характеристику регулятора определяют, нагружая обе секции одно¬временно и обеспечивая работу сумматора регулятора мощности во всем диапазоне регулирования. Полученные результа-ты сопоставляют с диаграм¬мой мощности для данного типа насоса, приведенной в паспорте.

При диагностировании следует поддерживать постоянную температуру рабочей жидкости, близкую к номинальной для данного типа гидропривода, так как она оказывает значительное вли-яние на вязкость жидкости. Наименьшее изменение вязкости для большинства жидкостей проис-ходит в зоне температур около 50°С, поэтому при диагностировании температура должна быть 50 ± 5°С.

Диагностирование гидромоторов по объемному КПД также производят при оптимальной тем-пературе рабочей жидкости и постоянном направлении вращения вала. Объемный КПД гидромо-торов

(5.7)

где qM - рабочий объем гидромотора; п„ - частота вращения вала гидромотора; QM4 . фактический расход на выходе из гидромотора; QMi,T -расход утечек жидкости.

Расход утечек рабочей жидкости в дренажной гилролинии и потребляемый гидромотором расход измеряют при одинаковых параметрах

Параметром, определяющим эффективность преобразования механи¬ческой энергии в энергию потока жидкости в гидромашине, является пол¬ный КПД:

(5.8)

где NBb4X и Nnp - соответственно выходная и приводная мощность гидромашины.

Полный КПД гидромашины является комплексным параметром, по¬скольку он характеризует объемные и механические потери. Следователь¬но, полный КПД гидромашины может служить ди-агностическим парамет¬ром, определяющим эффективность ее работы и несущим информацию о техническом состоянии.

Измерение полного КПД при диагностировании гидроприводов в эксплуатационных услови-ях затруднено, что объясняется значительной сложностью измерения крутящего момента на валу гидромашины. В связи с этим при диагностировании элементов гидропривода в условиях эксплу-ата¬ции определения полного КПД целесообразно проводить термодинамичес¬ким методом, позво-ляющим определить техническое состояние гидрома¬шин различных типов единым комплектом диагностической аппаратуры. Наиболее распространенным диагностическим параметром гидро-привода является объемный КПД, характеризующий внутреннюю не герметичность гидромашин. Комплексное измерение полного и объемного КПД позволяет дать общую оценку технического состояния гидроагрегатов и гидропривода в целом.

5.10. Средства диагностирования гидравлических агрегатов по параметрам вибрации

Измерение вибрации производится с помощью вибропреобразователей (ВП). Они предназна-чены для преобразования параметров механических колебаний корпуса механизма в характери-стики электрического сигнала. В отечественной практике применяют в основном индукционные и пьезо¬электрические ВП. Другие ВП, например резисторные, емкостные и др., применяют редко.

Принцип действия индукционных ВП основан на использовании эффекта электромагнитной индукции. При пересечении полем постоянного магнита витков катушки в ней индуцируется электродвижущая сила, которая пропорциональна относительной скорости движения магнита и катушки.

Напряжение на выходе индукционного ВП пропорционально виброскорости:

(5.9)

где UПИК - пиковое напряжение на выходе ВП; к - чувствительность ВП.

Технические данные индукционных ВП приведены в табл 5.9 [11].

Индукционные ВП имеют высокую чувствительность, и их применяют Для измерения вибра-ции насосов и гидромоторов, имеющих большие габариты и массу. К особенностям индукцион-ных ВП относятся ограничительный частотный диапазон, большие размеры и масса. Эти приборы в основном применяют для контроля роторной механической вибрации с частотой до 500 Гц.

Наибольшее распространение для технического диагностирования агрегатов гидропривода по-лучили пьезоэлектрические ВП (акселерометры) построенные на основе пьезоэффекта.

Чувствительность акселерометра выражается отношением вырабаты¬ваемого им э логического сигнала к воспринимаемому ускорению. Выходным сигналом преобразователя может быть элек-трический заряд или напряжение с соответствующими единицами измерения пКл-с /м или мВ-с'/м. Так как пьезоэффект пропорционален значению инерционных сил. создаваемых сейсмиче-ской массой, то чувствительность акселерометра зависит от массы и состав-чяет от 2 до 103мВ -CZ/M.

С помощью ВП измеряют вибрацию в направлении одной какой-то оси х, у или z в зависимо-сти от того, как они закреплены на объекте диагностирования. Существуют вибропрсобразовате-ли, с пояощью которых измеряют вибрации по трем осям, например датчик типа 4320 датской фирмы «Бргоэль и Кьер» или вибропреобразователь, измеряющий модуль вектора вибрации.

Частотаый диапазон акселерометров определен его собственной час¬тотой колебаний и усло-виями крепления к объекту. Малая жесткость крепления приводит к уменьшению резонансной частоты. Верхняя рабочая частота fB может достигать 80 кГц и обычно не превышает 40% резо-нансной частоты.

Минимальная рабочая частота 1Й зависит от типа предусилителя. Если Б качестве предуенли-теля применен усилитель заряда, го fH определена лишь частотными характеристиками предуси-лителя. При использовании предусилителя напряжения низшая рабочая частота зависит не только от пара¬метров предусилителя, но и от емкостей кабеля и вибропреобразователя. В этом случае

(5.10)

где R - входное сопротивление предусилителя, С - эффективная емкость цепи.

Эффективная емкость цепи равна

(5.11)

где Свп и С, - емкости соответственно вибропреобразователя и кабеля; С, -входная емкость преду-силителя.

Предусилители используют в качестве согласующего устройства высокоомного выхода вибро-преобразователя с низкоомным входом усилительно-преобразующей и контрольно- измеритель ной аппаратуры, а также для измерения мощности полезного сигнала.

Преобразующие устройства обеспечивают предварительную обработку вибросигнала. В каче-стве контрольного параметра Moiyr быть использованы амплитудные значения вибросмсщения, виброскорости или виброускорения. Фильтрующие устройства выполняют в виде фильтров низ-ких частот и полосовых фильтров. Их основное назначение - увеличение отношения полезный сигнал — уровень шума в результате устранения составляющ(гх спектра, не несущих информа-ции о состоянии контролируемого узла.

Измерение общего уровня вибрации в широком диапазоне частот в основном недостаточно для своевременного обнаружения неисправности I и диагностирования технического состояния агрегатов гидропривода. Это объясняется тем, что многие неисправности, возникающие при экс-плуатации гидропривода, приводят к незначительному изменению мощности, виброакустическо-го сигнала в определенном интервале частот спектра. Большинство неисправностей проявляется на определенных дискретных составляющих спектра, энергетические характеристики которых могут быть существенно ниже мощностных характеристик вибрации, создаваемой находящейся в исправном состоянии кинематической парой гидропривода. Например, для гидронасоса такой дискретной составляющей является гармоническая составляющая поршневых пар.

Учитывая случайный характер вибрационных процессов, происходя¬щих в агрегатах гидропри-вода, такие неисправности трудно зарегистриро¬вать, особенно на начальном этапе их развития. Ряд неисправностей вызы¬вает лишь кратковременные искажения характера вибросигнала с незна-чительным отклонением его мощности от поминальной. Одинаковые изме¬нения энергетических характеристик спектра в широком диапазоне могут быть вызваны неисправностями различных узлов насоса или гидромотора. Поэтому, зарегистрировав появление неисправности по общему уровню вибрации, зачастую не удается определить местоположение дефекта. Кроме того, суще-ствует возможность искажения вибросигналов при их прохождении но виброакустическому кана-лу от места возникновения до ВП. Эффективность диагностирования может быть повышена ана-лизом структуры ниброенгналов. Такая методика применяется при наземном техническом обслу-живании авиационной техники, при обслуживании наземной техники на станциях технического обслуживания и ремонта.

Исследование структуры реальных виброакустических сигналов в час¬тотной области носит название частотного спектрального анализа и осуще¬ствляется анализаторами спектра Существу-ют два основных типа анализа¬торов спектра: последовательного анализа, представляющие собой приборы с единственной, как правило, узкополосной избирательной системой, и работающие в реальном масштабе времени. В зависимости от ширины полосы пропускания их разделяют на ок-тав ные, третьоктавные и уз ко полосные.

Характеристики рассмотренной системы измерения и обработки сиг¬нала вибропреобразовате-ля определяются прежде всего полосой пропус¬кания филъгра анализаторов спектра и временем усреднения. При исполь¬зовании анализаторов спектра с постоянной полосой частоты пропуска-ния Af получаемые характеристики спектра пропорциональны функции средней квадратичной спектральной плотности;

(5.12)

где x(t) - рассматриваемая реализация процесса.

На практике при анализе вибрации Af и Т являются конечными, и вы¬бор их значении опреде-ляет достоверность и качество получаемых вибро¬грамм. Так как вибрация представляет собой комбинацию случайных и периодических сигналов, при анализе случайных составляющих спек-тра уменьшение времени приводит к увеличению среднего квадрагичного значения измеряемого параметра; в то же время для периодической вибрации среднее квадратичное значение параметра мало завидит от Т. Поэтому при анализе периодических сигналов выбирается T<l/Af; если преоб-ладает случайная вибрация, то Т< 2,5/М.

В последнее время наибольшее распространение получили анализаторы реального времени анализа, позволяющие оперативна определить спектр вибрации в интересуемом диапазоне частот. Серийно выпускаемое оборудование для измерения и обработки вибрации и используемое при проведении экспериментальных исследований имеет, как правило, ограниченный динамический диапазон.

Расшифровка и анализ спектров вибрации корпусов насосов и гидромоторов показали, что по-давляющая доля энергии спектра вибросигнала, идущего от вибро преобразователя, приходится на гармонические составляющие основной и кратных ей гармоник, принадлежащих поршневой паре, т.е. co-z (здесь со - частота врашения вала насоса; z - число поршневых пар в гидромашине). Со-ставляющие спектра, принадлежащие другим кинематическим парам (подшипникам, карданном> валу), имеют на порядок меньшее значение, и выделить их, особенно у исправных агрегатов или у агрегатов с ранней стадией развития дефектов на фоне поршневых гармоник, аппаратурой с по-стоянным динамическим диапазоном очень сложно. В связи с этим при проведении эксперимен-тальных исследований иногда необходимо иметь устройство, которое бы в узкой полосе частот подавило мощные составляющие спектра и тем самым позволило при неизменном динамическом диапазоне анализатора усилить и выделить маломощные компоненты спектра.

Виброакустические средства диагностирования гидравлических агрегатов. Диагностирование состояния машин и оценки степени опасности повреждения на основе данных контроля вибрации - один из наиболее действенных видов неразрушающего контроля.

Средства диагностирования гидравлических агрегатов можно разде¬лить на три группы: кон-трольно-сигнальную аппаратуру, переносные при¬боры для периодического контроля агрегатов гидравлического привода и стационарную аппаратуру.

Контрольно-сигнальная измерительная аппаратура предназначена для эксплуатационного контроля технического состояния оборудования с целью обнаружения дефектов на ранних стади-ях их возникновения.

Непрерывное или периодическое наблюдение за изменением различных параметров вибрации в характерных для данного типа оборудования точках может быть основой для определения вида и местоположения дефекта, оценки степени его опасности и необходимости остановки оборудо-вания для предупреждения аварии и выполнения объема ремонтных работ.

Контрольно-сигнальную аппаратуру используют в настоящее время на роторных машинах всех типов (авиационных двигателях, турбинах, насосах, гидромоторах, компрессорах}. По виду использования ее можно разделить на переносную и стационарную аппаратуру периодического или непрерывного эксплуатационного контроля технического состояния машин. Переносная ап-паратура служит для периодического контроля и анализа вибрации машин с целью оценки их технического состояния. Стационарная аппаратура входит в комплект контролируемого объекта для непрерывного контроля вибрации во время пуска и эксплуатации машины.

По степени функциональной и конструктивной сложности переносную и стационарную аппа-ратуру контроля вибрации оборудования подразде¬ляют на:

ручные вибрографы рычажного типа с записью на восковой бумаге ко (про лиру ем ой вибра-ции;

портативные виброметры (вибротесгеры) с выносным виброизмери¬тельным преобразователем в виде виброщупа и измерительным усилителем со встроенным стрелочным или цифровым указа-телем,

стационарные одно канальные приборы, содержащие виброизмери¬тельный преобразователь предельного типа и контактную систему, заключенные в одном корпусе, жестко закрепляемом на объекте контроля (предельный акселерометр), и выдающие сигнал о превышении допустимого уровня вибрации;

стационарные одно канальные приборы, состоящие из выносного вибро¬преобразователя, уста-новленного на объекте, и измерительного усилителя, имеющего стрелочный указатель и контакт-ное устройство для подключения звуковой или световой сигнализации;

одноточечную аппаратуру с анализатором спектра и стрелочным (или цифровым) указателем амплитуд гармоник на выходе;

стационарную многоточечную аппаратуру, состоящую из выносных в ибр о преобразователей, устанавливаемых на контролируемом объекте, и измерительного усилителя с встроенным стре-лочным или цифровым указателем и ручным переключателем, коммутирующим еибропреобразо-ватель на входе измерительного усилителя;

стационарную многоточечную аппаратуру с выборочным контролем по стрелочному указателю и автоматической регистрацией самописцем пара¬метров вибрации, состоящую из выносных виб-ропреобразователей и лвухканального измерительного усилителя, на входе одного из канатов ко-торого вибр о преобразователи коммутируются оператором с помошью ручного переключателя для измерения указанных параметров вибрации стрелочным или цифровым индикатором, а на входе другого канала вибропреобразователи коммутируются автоматически переключателем многоточечного регистрирующего прибора, обеспечивающего выдачу предупредительного и ава-рийного сигналов о повышении допустимого уровня вибрации в любой из контролируемых точек;

многоканальные системы контроля с выдачей предупредительного и аварийного сигналов и подключением к каналу, на аходе которого сигнал достиг предельно допустимого значения шлейфового осциллографа или магнитофона и анализатора; последний позволяет определить спектральный состав вибрации, на основании анализа которого можно установить причи¬ну неис-правности контролируемого объекта, одно- и многоканальные системы, осуществляющие спек-тральный ана¬лиз по всем каналам измерения и сигнализирующие о превышении значения ампли-туда! гармонических составляющих спектра;

многоканальные системы, имеющие унифицированный выход для ввода информации о вибра-ции защищаемого оборудования в электронную управляющую машину.

Выбор типа контрольно-сигнальной виброизмерительной аппаратуры определяется задачами контроля, а также степенью влияния отказов на безопасность использовании оборудования по назначению, ответственности и стоимости контролируемых машин.

Переносная аппаратура для периодического контроля агрегатов гидравлических приводов. Эта аппаратура для периодического контроля агрегатов систем гидравлического привода получила широкое распространение.

Техническому диагностированию с помощью переносной аппаратуры виброконтроля подвер-гаются такие агрегаты, как насосы и гидромоторы. Аппаратура с использованием вибросигналов ультразвукового диапазона применяется для контроля анутрсннеи не герметичности распредели-тельной я регулирующей аппаратуры, а сигналов акустической эмиссии — для диагностирования сосудов давления (трубопроводов, гидравлических агрегатов).

Ручные вибрографы, имеющие низкую точность измерения и относя¬щиеся к приборам инди-каторного типа, в настоящее время почти не приме¬няются.

Для контроля насосов и гидромоторов авиационных гидравлических систем создана серия пе-реносных приборов, позволяющих оперативно рас¬познавать неисправности основных узлов этих а1регатов. Прибор контроля насосов позволяет контролировать техническое состояние деталей качаю¬щего узла и подшипников. В качестве диагностических параметров, опре¬деляющих техни-ческое состояние деталей качающего узла, используется относительный параметр пульсаций дав-ления, для диагностирования подшипников — пиковое значение виброускорения на характерных частотах.

Вибрация и пульсация давления насосов, насосных станций и гидро¬моторов измеряются пье-зоэлектрическим преобразователем, сигнал с ко¬торых, пройдя через повторитель (предваритель-ный усилитель), поступает на основной измеритель но-преобразовательный блок.

Информацию о техническом состоянии насосов, гидромоторов, насос¬ных станций можно по-лучить, использовав только один преобразователь вибрации.

Анализ отказов и неисправностей агрегатов систем гидравлическою привода показывает, что около 15 % общего числа отказов приходится на усталостные разрушения элементов гидроагрега-тов, находящихся при эксплуатации под воздействием циклического нагружения внутренним дав-лением. Наиболее часто разрушаются корпуса фильтров, гидроакку-м>ляторы, трубопроводы и рукава высокого давления. Разрушение корпуса агрегата является отказом, который приводит к потере работоспособности всей системы гидравлического привода вследствие вытекания рабочей жидкости. Известные методы неразрушающего контроля (ультразвуковой, токовихревой) имеют 01раниченные возможности в определении ранней сталии зарождения и развития трещин, так как они регистрируют не развитие дефекта, а его наличие. Этого недостатка лишены методы, осно-ванные на регистрации процессов, сопровождающихся переносом энергии, выделяющейся при разрушении.

Среди этих методов особое место занимает метод диагностирования усталостных трещин по параметрам акустической эмиссии. Проведенные исследования показали, что использование энергии акустической эмиссии дает хорошие результаты при обнаружении усталостных трещин а корпусах фильтров и аккумуляторов. В процессе диагностирования корпус агрегата нафужается знакопеременной циклической нагрузкой с частотой 1 Гц.

Стационарная аппаратура для контроля технического состоянии агрегатов систем гидропри-вода. К стационарным приборам относят как простейшие предельные акселерометры, так и слож-ные многоканальные системы, являющиеся принадлежностью контролируемого объекта и изме-ряющие параметры вибрации, характеризующие его техническое состояние. Наряду с дальней-шим совершенствованием простейших одноточечных приборов для контроля вибрации сравни-тельно простых механизмов и машин создаются измерительные системы с использованием блоч-ного принципа построения, который обеспечивает создание на базе унифицированных блоков из-мерительных систем с различными функциями и любым числом каналов и точек измерения.

Наиболее распространенными системами, предназначенными для зашиты несложных ротор-ных машин (вентиляторов, насосов, гидромоторов), являются одно- или двухканальные приборы с выносным виброизмерительным преобразователем. Они позволяют контролировать выбранные параметры вибрации и при превышении допустимого уровня выдавать предупредительный и ава-рийный сигналы.

5.11. Типовые стенды для испытания гидрооборудования

Проверка гидравлического оборудования на герметичность должна про изводиться наружным осмотром. Рабочая жидкость подводится в подводящий канал; отводящие каналы должны быть заглушены. Время проверки 0,5...! мин. При испытаниях гидроцилиндров наружную герметич-ность проверяют дополнительно при давлении холостого хода после не менее чем пятидесяти полных двойных ходов. При этом допуска¬ется образование масляной пленки на поверхности штока без каплеобразования. Появление рабочей жидкости в неподвижных соединениях не до-пускается f 16].

Утечки следует определять при наибольшей допустимой температуре рабочей жидкости.

Испытательные стенды должны быть оснащены установками для фильтрации и охлаждения рабочей жидкости. Тонкость фильтрации должна соответствовать требованиям технической до-кументации на испытуемое изделие. На стендах целесообразно устанавливать постоянно вклю-ченные манометры 4-го класса для непрерывного контроля давления в системе. Для снятия харак-теристик используют манометры более высокого класса точности, подключаемые только на время замера.

Испытания нерегулируемых и регулируемых насосов. Схема испытания нерегулируемого насоса приведена на рис.5.6. При испытаниях регулируемого насоса необходимы дополнительные устройства, определяемых схемой и конструкцией узлов его управления.

Подачу, приводную мощность и объемный КПД насоса определяют при номинальном давле-нии и номинальной частоте вращения (отклонение действительной частоты вращения не более ± 5% номинального).

Объемный КПД насоса определяют по формуле

где QH - подача насоса при номинальном давлении; Qт - подача насоса при минимально возмож-ном давлении в напорной магистрали. Здесь подачи насоса О„ и Qr должны быть приведены к одинаковой частоте врашения.

При проведении испытаний давление со стороны всасывания должно обеспечивать работу насоса на всех режимах без кавитации Предохранительный клапан 8 должен быть настроен на давление, допускаемое при кратковременной перегрузке насоса. Если это давление не установле-но, то предохранительный клапан настраивается на давление, равное 1,25 номинального давле-ния.

Испытания гидра мо торов (рис.5.7). Расход рабочей жидкости, крутящий момент и объемный КПД определяют при номинальном давлении и номинальной частоте вращения.

Объемный КПД гидромотора определяют по формуле

где qM - рабочий объем гидромотора, м'/рад; ωм - частота вращения вала гидромотора, с"1; QM - расход рабочей жидкости (номинальный), м3/с; ()„ -утечки наружные, м /с.

Рабочий объем гидромотора измеряют методом мерной емкости или методом «двух частот врашений».

Метод мерной емкости состоит в перекачивании рабочей жидкости в мерную емкость при вращении вала с частотой от 1/6 до 1/3 с"1 и давлении, создаваемом жидкостью, находящейся в баке системы подпитки на 500... 800мм выше уровня входного патрубка мотора. Рабочий объем qs1 рассчитывают по формуле

где V — объем перекачиваемой жидкости, мэ; (р - угол поворота вала, рад, за который был пере-качан объем жидкости V.

Размеры бака должны быть достаточными для того, чтобы понижение уровня жидкости в баке при измерении рабочего объема не превышало !50 мм. Открытый коней сливной трубы должен находиться на одной высоте со средним уровнем рабочей жидкости в баке (отклонение по высоте i50 мм). Присутствие воздуха в измеряемом объеме не допускается.

Метод «двух частот вращений» состоит в измерении потока жидкости при двух значениях частоты вращения с последующим вычислением рабочего объема q0M, м /рад, по формуле

.

где Qi - расход жидкости, м/с, при частоте вращения в>\, с" ; Q2 - расход жидкости, м'/с, при ча-стоте вращения шз, с"1.

Частоты вращения ш; и ы2 должны быть установлены в интервале 20. .100% номинальной ча-стоты вращения и отличаться не менее чем на 50% от номинальной частоты вращения. Измерения должны производиться при постоянной нагрузке на валу.

Испытания гндроцилиндров (рис.5.8). Величина внутренних утечек жидкости проверяется в конечных и среднем положениях поршня при давлении не менее 1,25 номинального на второй минуте после остановки поршня и стабилизации давления. Время замера утечек в каждом поло-жении не менее 2 мин.

Величина давления страгивания поршня (плунжера) определяется подачей рабочей жидкости в одну из полостей гидроцилиндра при постепенном увеличении давления до давления страгива-ния.

Давление холостого хода (без нагрузки) определяется после страгивания подачей рабочей жидкости в одну из полостей гидроцилиндра. Движение поршня (плунжера) должно быть плав-ным.

Испытания предохранительных клапанов, клапанов последовательности и гид-роклапанов с обратным клапаном (рис.5.9).

Изменение расхода через испытуемый аппарат обеспечивается настройкой дросселя. Пе-репад давлений на испытуемом аппарате определяется как разность показаний манометров, уста-новленных на входе и выходе аппарата.

Испытания распределителей с ручным, электрическим, гидравлическим и электрогндравличе-ским управлением (рис.5.10).

Насос 14 системы управления устанавливается только при испытании распределителей с гид-равлическим и электрогидравлическим управлением; распределитель 4 - только при испытании распределителей с гидравлическим управлением.

Проверка распределителя на соответствие схеме производится по манометрам, подключенным к отводам распределителя в среднем и крайних положениях при номинальном (рабочем) давле-нии. Давление определяется настройкой нагрузочного устройства.

Суммарную утечку по зазорам распределителя измеряют в двух крайних положениях золот-ника с помощью мерной емкости, соединенной со сливным отверстием, При испытаниях распре-делителей с гидравлическим и эле кгро гидравлическим управлением измерение производят при минимальном давлении управления. Минимальное давление управления устанавливается путем соответствующей настройки предохранительного клапана системы управления. Распределитель должен четко переключаться и удерживаться в крайних положениях при минимальном давлении управления.

Проверка возможности регулирования времени срабатывания производится путем замера вре-мени переключения распределителя с помощью электросекундомера от команд реле давления при различных настройках дросселем времени переключения.

Испытания дросселей, реле давления, редукционных клапанов и других аппаратов с одним входом и одним выходом (рис.5.11). Отклонение расхода рабочей жидкости при изменении дав-ления проверяется при расходе ло 10% номинального расхода и повышении давления от мини-мального до номинального.

Утечки масла через закрытый дроссель и из дренажного отверстия замеряют при номиналь-ном давлении на 2-й минуте после настройки давления.

Разность между давлением на входе и давлением настройки предохранительного клапана про-веряют в диапазоне давлений от минимального до номинального.

Реле давления проверяют на нечувствительность во всем диапазоне контролируемого давле-ния путем изменения давления в системе стенда на величину нечувствительности с выдержкой 2 мин на каждой ступени давления. Проверка производится при минимальном, номинальном и даух промежуточных значениях давления. Утечку из дренажного отверстия контролируют при номи-нальном давлении.

Пределы и плавность регулирования редуцированного давления редукционных клапанов про-веряют при номинальном давлении перед клапаном путем изменения настраиваемого редуциро-ванного давления во всем диапазоне давлений. Проверка производится 2...3 раза.

Стабильность редуцированного давления при неизменном режиме проверяют по манометру, установленному за клапаном, и перекрытом (с помощью нагрузочного устройства) расходе через клапан в течение 5 мин. Одновременно с помощью мерной емкости проверяют расход рабочей жидкости через клапан настройки.

Стабильность редуцированного давления при изменении расхода проверяют по установлен-ному за клапаном манометру при двух, трех значениях расхода в диапазоне от Q^,, до Q^^ и наибольшей и наименьшей разнице давлений перед клапаном и за ним.

Стабильность редуцированного давления при изменении подводимого давления проверяют по установленному за клапаном манометру при трех, четырех различных диапазонах давления перед клапанам и за ним.

При проведении испытаний такого объема подача стендового насоса может быть принята рав-ной 20...25% номинального расхода испытуемого клапана.

Испытания обратных гидроклапанов, гидрозамков и поддерживающих гнлроклапанов (рис.5 12). Характеристики срабатывания запорных элементов проверяют путем попеременной подачи потока жидкости в надклапанную и подклапанную полости обратного клапана.

При испытании гидрозамков попеременно соединяют управляющий элемент с давлением управления при подаче рабочей жидкости в надклапанную полость. Давление основного потока 0,5...1 МПа. Контроль четкости отсечки основного потока - визуальный. Утечки через клапан проверяют при номинальном давлении с помощью мерной емкости, соединенной с подклапанной полостью, на второй минуте после повышения давления.

Герметичность поддерживающего клапана проверяют наливом керосина в надклапанное про-странство. Заметное падение уровня керосина в течение 5 мин не допускается. Проверку можно осуществлять по манометру с рабочей средой – керосином.

Проверку открытия гидрозамка производят при номинальном давлении в надклапанной поло-сти. При этом клапан должен открываться при давлении управления не выше номинального. Кон-троль осуществляется по показаниям манометров. Проверку производят 2...3 раза.

Плавность регулирования величины давления подпора при проверке поддерживающих клапа-нов контролируют по показаниям манометра во всем диапазоне регулирования.

Испытания делителя потока (рис.5.13). Погрешность деления проверяют при наименьшем расходе для данной настройки, при наибольшей разности давления в отводах. Наибольшее давле-ние устанавливают поочередно в каждом из отводов.

Испытания гидроаппаратуры с пропорциональным управлением (рис.5.14). При испыта-ниях гидроаппаратуры с пропорциональным управлением проверяют ряд дополнительных пара-метров, таких как регулирование расхода рабочей жидкости, мощность управления, гистерезис, отклонение от линейности.

Расход рабочей жидкости регулируется путем изменения величины задающего сигнала на входе электронного блока (на рисунке не обозначен). При этом регулируется расход рабочей жидкости от минимального до максимального в двух направлениях -отРкАиотРкВ при постоян-ном перепаде Др = 0,8 МПа. Замеры проводятся расходомером или мерным баком и секундоме-ром при номинальном и максимальном расходе для данного распределителя.

Мощность управления проверяют при номинальном давлении на входе и номинальном расхо-де рабочей жидкости при перепаде Др=0,8 МПа. Измерение производят ваттметром в цепи пита-ния электромагнита. Потребляемая мощность не должна превышать 18 Вт.

Гистерезис проверяют при номинальном давлении на входе (32 МПа] и перепаде Др=О,8 МПа путем плавного изменения задающего сигнала на входе электронного блока и изменения расхода рабочей жидкости от номинального до минимального и в обратном порядке. Величину гистерезиса определяют по соотношению

где Q; - установленный расход при уменьшении; Qi - то же при увеличении. Расходы Q] и Qj сравнивают при пиковых значениях силы тока. Гистерезис должен быть не более 5%. Отклонение от линейности определяют по наибольшей разнице (AQmnO между средней и идеальной характе-ристикой, отнесенной к номинальному значению (в %). Средняя характеристика Q=ft;u;) строит-ся по восходящей и нисходящей ветвям характеристики расхода от задающего сигнала щ при пе-репаде Др = 0,8 МПа.

Идеальная характеристика строится по двум точкам, соответствующим номинальному и 0,1 номинального расхода на средней характеристике. Отклонение от линейности не должно превы-шать 5%.

Мобильные средства диагностики

Промышленностью производятся универсальные комбинированные приборы переносного ти-па для измерения и регистрации давления, расхода и температуры жидкости. Для удобства и быстроты монтажа датчиков этих приборов в конструкции гидравлической системы должны быть установлены элементы сопряжения для преобразователей давления. Это совокупность узлов, поз-воляющая при эксплуатации, ремонте, техническом обслуживании и наладке гидравлических си-стем быстро подсоединить к гидроприводу требуемый датчик без остановки и разгерметизации гидропривода.

К такого типа мобильным приборам относятся гидравлические мультиметры, гидротесте-ры и гидравлические осциллографы.

Гидравлический мультиметр - показывающий прибор с цифровой индикацией, предназна-чен для отладки работы гидравлических систем при пусконаладочных работах, а также для опера-тивного поиска неисправностей в гидравлической системе в процессе эксплуатации. С помощью этого гидротестера можно произвести испытания насоса непосредственно на технологическом оборудовании без демонтажа и выдать заключение о его годности. Прибор позволяет замерять па-раметры жидкости в следующих диапазонах.

Расход 0...600 л/мин

Давление 0...100МПа Температура 0...1000°С

Тестеры гидравлические (гидротестеры) представляют собой комплекс приборов и устройств, предназначенных для технического диагностирования, контроля за работой гидрофи-цированного оборудования, оценки технического состояния и поиска неисправных компонентов Данный класс приборов позволяет организовать своевременное профилактическое обслуживание гидрофициро ванных машин для предотвращения преждевременных отказов, сократить время по-иска неисправностей и выяснения причин возникновения отказов.

Область применения - гидроприводы стационарных и мобильных машин, испытательные стенды и другое гидрофицированное оборудование.

В зависимости от условий применения, номенклатуры и требуемой полноты анализа контро-лируемых параметров выпускаются три типа (исполнения) гидравлических тестеров: механиче-ские, электронные и цифровые.

Механические гидротестеры представляет собой набор портативных механических средств измерения давления, температуры и расхода рабочей жидкости. Принципиальная схема такого прибора дана на рис.5.15.

Электронные гилротестеры выпускаются на базе индикаторов статических или динамических параметров и комплектуются датчиками давления, температуры, расхода.

Комплекты приборов и устройств, входящие в состав гидротестеров, поставляются в порта-тивных носимых футлярах или чехлах. В комплект поставки тестеров гидравлических может вхо-дить присоединительная арматура (элементы сопряжения или контрольные точки), позволяющая производить подключение (отключение) измерительных датчиков без остановки гидрофицирова-шюго оборудования.

Применение присоединительной арматуры (элементов сопряжения) позволяет осуществлять следующие технологические операции:

подсоединение приборов для измерения избыточного давления (до 32 МПа) или вакуума, в том числе в труднодоступных местах; отбор проб рабочей жидкости; выпуск воздуха.

Рабочие жидкости - минеральные масла на нефтяной основе с вязкостью 1О...2О0мм2/с(сСт).

Область применения - гидросистемы стационарных и мобильных машин, испытательные стенды и другое гидрофициро ванное оборудование.

Значительно более широкими возможностями располагает гидравлический осциллограф, структурная схема которого дана на рис.5.16

В совокупности с модулем управления прибор способен подать на испытуемую гидравличе-скую систему периодически повторяющийся возмущающий сигнал, позволяет регистрировать ре-акцию гидравлической системы в виде графиков ее параметров Q(t) и р((), изменяющихся в ре-альном масштабе времени. В результате анализа полученных данных можно оценить работоспо-собность гидравлической системы в целом и точные значения её параметров в конкретные мо-менты времени, а также осуществить диагностику неисправностей гидросистемы.

В состав гидравлического осциллографа входят следующие компоненты: встраиваемый в пя-тидюймовый слот компьютера 8-канальный 12-разрядный аи алого во -цифровой преобразова-тель; устанавливаемый в свободный ISA слот компьютера интерфейс ввода/вывода; модуль со-пряжения датчиков для нормирования параметров выходного сигнала датчиков (в том числе и не-стандартных); модуль управления сервоклапаном (с возможностью ручного и автоматического управления); комплект датчиков; программное обеспечение.

В совокупности с модулем управления возможна автоматизация процесса испытаний. Управ-ление работой узлов производится по специальной программе или выбранной из стандартного набора программ.