

Министерство образования и науки Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

В. П. ЧМИЛЬ

ГИДРОПНЕВМОПРИВОД

Санкт-Петербург
2010

Рецензент д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник В. В. Шульгин (СПбГУСЭ)

Чмиль, В. П.

Гидропневмопривод: монография / В. П. Чмиль; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 176 с.

ISBN 978-5-9227-0215-7

Проанализирована проблема рациональной эксплуатации строительной техники в современных условиях и определены основные направления исследования эксплуатационных баз.

Приведен пример разработки диагностической карты технического обслуживания строительной машины и дана методика прогноза остаточного технического ресурса ее узлов и агрегатов. Рассмотрены вопросы предпускового подогрева рабочей жидкости, технология диагностирования и ремонта гидропривода машин подвижными средствами на объекте строительства. Приведена краткая техническая характеристика основных видов современных строительных машин отечественного производства. Рассмотрены структурные схемы и принцип действия гидрообъемного, гидродинамического, пневматического, пневмогидравлического и электрогидравлического приводов строительных машин и автомобилей. Приведены формулы для расчета основных параметров гидрообъемных приводов. Даны основы методики проектирования объемного гидропривода на примере рабочего оборудования бульдозера. Рассмотрена методика проекторочного расчета следящего привода: гидроусилителя пневмоколесной машины. Работа представляет собой системно изложенный материал по гидропневмоприводу строительных машин и автомобилей и направлена на повышение уровня подготовки выпускников вузов в области эксплуатации строительной техники и автотранспорта.

Ил. 41. Табл. 45. Библиогр.: 18 назв.

Печатается в авторской редакции.

ISBN 978-5-9227-0215-7

© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
2010
© В. П. Чмиль, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Значение строительного комплекса для экономики любой страны трудно переоценить, а в России, с ее огромными пространствами, суровыми природно-климатическими условиями и неразвитой инфраструктурой его роль возрастает многократно. Масштабное строительство невозможно без организации эффективной эксплуатации строительной техники и автотранспорта. Производственные мощности строительных организаций складывались, в основном, в доперестроечный период в соответствии с превалявавшими в то время потребностями и поэтому были ориентированы главным образом на крупномасштабное строительство. Вследствие реформирования народнохозяйственного комплекса значительная доля активной части основных фондов оказалась невостребованной. Особенно в тяжелом положении оказались специализированные управления механизации, оснащенные тяжелой строительной техникой.

Низкая обновляемость парков строительной техники объясняется объективными причинами и в первую очередь резко снизившейся за последние десятилетия инвестиционной активностью. И все-таки, несмотря на сокращение числа машин, строительство остается весьма машиноёмкой отраслью экономики страны. Несмотря на масштабное списание мощной техники, ее удельный вес в парках бульдозеров, автотранспортных средств, гусеничных и автомобильных кранов все еще достаточно весом.

Конец прошлого и начало нынешнего века в России характеризуются повсеместным использованием импортной строительной техники и автотранспорта. Все более широкое применение зарубежная техника находит и в строительной отрасли. Импортная продукция стабильно пользуется высоким спросом, несмотря на то, что ее стоимость выше, чем у отечественной техники высокого уровня (с использованием 10...15% импортных комплектующих). Цена собранных в России машин с использованием высокотехнологичных комплектующих зарубежных фирм ниже стоимости зарубежных аналогов на 15...30%.

Причин стабильно высокого спроса на импортную продукцию несколько. Иностранные банки и правительства активно кредитуют своих машиностроителей, и те могут позволить себе продавать технику в рассрочку, на льготных условиях, по приемлемым для российских потребителей схемам. Очевидно, что технический уровень значительной доли отечественных машин еще низок. При большем весе они имеют меньшую мощность и производительность, а такие показатели, как ресурс до списания и наработка на отказ, у них на 27...30% ниже аналогичных показателей техники зарубежного производства. Российская строительная техника нередко уступает зарубежным аналогам и по причине несоблюдения требований международных норм эргономики, экологии и дизайна. Еще одним дово-

дом в пользу приобретения импортной техники служат низкие эксплуатационные расходы. Потребитель зачастую делает выбор в пользу пусть изначально более дорогой, зато экономичной в процессе эксплуатации машины.

В настоящее время в России представлено большинство зарубежных компаний, выпускающих землеройную, автотранспортную и крановую технику.

Из-за рубежа ввозятся не только новые, но и бывшие в эксплуатации, в том числе прошедшие капитальный ремонт на базе крупных ремонтных или сервисных предприятий, машины. На рынке вторичного оборудования устойчивым спросом пользуется немецкая техника. Важнейшее преимущество бывшей в эксплуатации техники из Германии – сравнительно небольшой возраст и хороший уход в период эксплуатации. Конкуренцию немецкому оборудованию составляет техника из Италии, Швейцарии, Нидерландов, Японии и Бельгии.

Развитие строительной техники идет по пути усложнения узлов и агрегатов машин, роста энерговооруженности и уровня компьютеризации. Все это влечет за собой усложнение сервиса. Без его должной организации невозможно эффективно эксплуатировать строительную сложную технику. Сегодня потребителю необходима гарантия незамедлительного и качественного устранения проявляющихся в процессе эксплуатации технических неполадок. Потребитель заинтересован, чтобы техника как можно меньше простаивала по техническим причинам и в первую очередь уменьшились простои в период аварийных ремонтов. Сегодня владельцы строительной техники встали перед выбором:

- создавать собственную систему ремонта и обслуживания, а значит, самим закупать оборудование и инструмент, организовывать поставки из-за рубежа, формировать складской запас запасных частей, готовить кадры и т. д.;

- пользоваться услугами компаний, которые ремонтируют технику, используя дешевые комплектующие, не утруждая себя восстановлением агрегатов и узлов, что, как правило, обеспечивает малый ресурс машин после ремонта;

- привлекать уже готовые ресурсы специализированных сервисных организаций, располагающих собственной производственной базой и имеющих в своем составе подразделения, организующие поставки как оригинальных, так и от известных оптовых поставщиков комплектующих, а самим сконцентрировать свои усилия на том, что приносит доход.

Продавая технику на российском рынке, часть дилеров ведущих мировых производителей заведомо перекладывает заботы по ее ремонту и техническому обслуживанию на потребителя. Многие из представленных в России торговых марок имеют в штате своих представительств в лучшем случае несколько сервисных инженеров, способных устранить мелкие неисправности или произвести плановое техническое обслуживание. И мало кто из них располагает на территории РФ собственными ремонтно-производственными мощностями, обеспечивающими возможность квалифицированного ремонта техники, не говоря уже о восстановительном ремонте базовых деталей и узлов (который, как правило, требуется для машин с большими сроками службы). А отправка вышедшей из строя маши-

ны в находящийся за рубежом сервисный центр вызывает большие финансовые потери и организационные проблемы.

Поэтому многие организации выбирают сотрудничество со специализированными фирмами. Тем более что сегодня на рынок пришли новые российские компании, сумевшие занять свои ниши на рынке сервиса строительной техники. Добиться успеха им помогла хорошая организация своих технических служб, способных обеспечить полномасштабный сервис строительной техники.

Одной из наиболее важных составляющих эффективной эксплуатации машин является принятая система технического обслуживания и ремонта. На сегодняшний день практически вся импортная техника эксплуатируется «по наработке». Однако все более остро встает задача обеспечения научного прогнозирования остаточного ресурса машин для обеспечения безаварийной работы в наперед заданный промежуток времени, что особенно важно в условиях старения парка машин. Возможны два пути решения этой задачи: создание универсальных диагностических систем на базе дорогостоящих диагностических комплексов или дооборудование строительных машин элементарными сборщиками основных диагностических параметров с дальнейшим преобразованием и передачей информации с помощью современных средств связи в специальные диагностические центры, осуществляющие ее аккумуляцию и обработку.

Например, согласно патенту № 2296239 «Способ и устройство для диагностирования технического состояния гидравлических машин» (МПК F04B1/00 и F04B51/00, патентообладатель КОМАЦУ ЛТД, Япония; опубликован 27.03.2007), устройство для реализации предложенного способа состоит из дорожно-строительной машины, содержащей различные исполнительные механизмы с гидроприводом, гидронасос для подачи под давлением рабочей жидкости и оперативный контроллер, который выдает управляющие команды для обеспечения процесса оптимальной работы исполнительными механизмами и насосом. Кроме того, машина имеет локальный контроллер для сбора и обработки данных о состоянии гидронасоса. Этот контроллер выполнен с возможностью поддержания связи с центральным сервером (расположенным, например, на удалении от машины) посредством беспроводной мобильной коммуникационной сети, в которой используется спутник связи. Локальный контроллер собирает данные о состоянии гидронасоса и периодически передает (например, через каждые 20 ч) обработанные данные на центральный сервер. Последний накапливает эти данные и диагностирует техническое состояние (посредством анализа контролируемых параметров с одновременным прогнозированием срока службы до возникновения отказа) гидронасоса в удаленной машине. Локальный контроллер и центральный сервер совместно образуют систему мониторинга состояния насоса. Каждая из существующего множества работающих машин, находящихся в разных местах, содержит локальный контроллер, при этом центральный сервер выполнен с возможностью поддержания связи с различными терминалами пользователей этих машин по коммуникационной сети, связывающие компьютеры, например, через Интернет. Ло-

кальный контроллер может собирать на центральный сервер и передавать в реальном времени на пользовательские терминалы не только результаты диагностики элементов гидросистемы, но и другие данные о машине, характеризующие ее техническое состояние, например, наработанный ресурс (фактическое показание счетчика мото-часов), температуру охлаждающей жидкости двигателя, остаток топлива, состояние аккумулятора и прочее.

Переход от эксплуатации «по наработке» к эксплуатации «по состоянию» или к смешанной системе технического обслуживания строительной техники представляется все более насущным.

Можно утверждать, что рынок импортных машин в России сформировался. Определелись его секторы: поставки новой техники; техники, бывшей в эксплуатации; запасных частей и расходных материалов; гарантийное и послегарантийное обслуживание; капитальный ремонт и восстановление базовых узлов и агрегатов. С большой долей вероятности можно прогнозировать усиление конкуренции на рынке сервиса импортной строительной техники. Останутся только ремонтные организации, способные предложить комплексный сервис.

Будущее отечественного рынка сервиса импортной строительной техники за специализированными российскими компаниями, имеющими разветвленную сеть филиалов по всей территории России и за ее пределами, располагающими штатом высококвалифицированных менеджеров и механиков, прошедших обучение в фирменных центрах или специальных комплексных учебных заведениях. Именно такие организации позволят повысить эффективность эксплуатации парка машин, как новых, так и имеющих большие сроки службы.

Широкое применение гидрообъемного привода объясняется рядом преимуществ (по сравнению с механическим, пневматическим и электрическим приводами), к которым относятся: меньшие габариты и удельная масса (масса гидропривода, отнесенная к передаваемой мощности), то есть компактность; большие усилия на выходном звене привода; плавность работы благодаря практической несжимаемости жидкости; малая инерционность вращающихся частей, обеспечивающая быструю смену режимов работы (пуск, разгон, реверс, остановка); повышение производительности за счет увеличения усилий на рабочих органах и малой инерционности системы управления; простота преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное; возможность расположения гидродвигателя на удалении от насоса и свобода компоновки; надежная смазка трущихся поверхностей маслом и снижение коррозии; бесшумность в работе в отличие от пневматических систем; применение стандартных и унифицированных гидромашин, направляющих и регулирующих аппаратов.

Недостатки гидропривода: КПД привода несколько ниже, чем механических и электрических передач; условия эксплуатации существенно влияют на его характеристику (при высокой температуре, вследствие снижения вязкости жидкости, снижается объемный КПД, возрастают утечки через уплотнения, снижается давление в системе и, соответственно, усилия на штоках рабочих гидроцилинд-

ров; при низких температурах окружающей среды усложняется пуск насоса и снижается общий КПД); объемный КПД привода снижается из-за увеличения зазоров и возрастания утечек жидкости; чувствительность к загрязнению рабочей жидкости и необходимость достаточно высокой культуры обслуживания; высокая стоимость изготовления и сервиса элементов гидропривода.

В строительных машинах (автогрейдеры, катки, погрузчики и другие) и автотранспорте (автобусы, реже – грузовые автомобили) все чаще находят применение гидродинамические передачи, в которых отсутствует механическая связь между ведущим (насосным) и ведомым (турбинным) валами.

В *гидродинамической передаче* (гидротрансформаторе) происходит передача кинетической энергии от насосного лопастного колеса к турбинному за счет круга циркуляции (тора) рабочей жидкости, в котором действует центробежная сила инерции. Таким образом, гидротрансформатор не только бесступенчато преобразует передаваемый крутящий момент в зависимости от скорости движения машины, но также и выполняет функцию гидромuffты. Совместно с механической коробкой передач, позволяющей расширить диапазон преобразования крутящего момента в зависимости от дорожных условий, гидротрансформатор образует гидромеханическую передачу.

Применение гидромеханических передач с электрогидравлическим управлением обеспечивает: наиболее полное использование мощности двигателя и улучшенную тягово-скоростную характеристику; снижение напряжений в ответственных деталях трансмиссии; долговечность подшипников; унификацию схемы трансмиссии с серийно выпускаемыми агрегатами при модернизации мобильных машин.

Гидрофицирование трансмиссий и приводов машин позволяет уменьшить габариты соответствующих систем, упростить кинематические схемы привода исполнительных устройств, обеспечить высокие рабочие усилия и бесступенчатое изменение скоростей, а также повышение показателей ремонтпригодности за счет того, что текущий ремонт используемых компонентов гидросистем обеспечивается посредством оперативной замены неисправных гидроагрегатов.

Использование ходовых систем типа «мотор-колесо» принципиально изменило кинематические схемы силового привода движителей таких машин, как экскаваторы, самоходные скреперы, автогрейдеры, погрузчики и других.

В *аккумуляторном гидроприводе* рабочая жидкость подается в гидродвигатель от предварительно заряженного пневмогидроаккумулятора. Привод применяется в гидролиниях управления золотниками распределителей, прежде всего как источник их аварийного питания при неработающем основном насосе.

Таким образом, к настоящему времени произошло массовое внедрение гидропривода в конструкцию мобильных машин, и эта тенденция не только сохраняется, но и определяет прогнозируемое увеличение доли таких машин в общем парке и дальнейшее совершенствование гидравлических компонентов.

Одним из перспективных направлений развития гидропривода являются комплексные *гидростатические трансмиссии* с центральным процессорным управ-

лением всеми бортовыми системами выработки и передачи энергии для нового поколения строительной техники на основе использования подходов и методов мехатроники (механики, гидравлики и электроники). То есть гидроагрегаты интегрируются с электронными компонентами бортовых процессорных систем управления и диагностики по заданному программному обеспечению.

В *пневматическом приводе* рабочим телом служит воздух, нагнетаемый в ресивер источником энергии – компрессором с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Пневмопривод применяется для управления, прежде всего, тормозными и некоторыми другими механизмами пневмоколесных машин, грузовых автомобилей и специальной техники, выполненной на их базе.

Его недостаток – увеличенное время срабатывания по сравнению с гидроприводом и возможное замерзание в системе водяного конденсата, что требует принятия дополнительных мер по его предотвращению.

Глава 1. РАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

1.1. Состояние вопроса и постановка задач исследования

Появление в РФ небольших частных и акционированных предприятий, эксплуатирующих смешанные парки строительной техники с количеством машин до 100 единиц, проблемы их существования и становления в условиях рыночной экономики, особенно в период кризиса, в значительной степени отложили на второй план вопросы рациональной эксплуатации используемых машин, существенно влияющие в целом на эффективность строительного производства.

Строительные машины с гидроприводом в современных условиях составляют подавляющую часть парка машин эксплуатирующего предприятия.

Рассмотрим зарубежный опыт организации технического обслуживания (ТО) строительных машин (далее – машин). Для современного международного рынка машин и оборудования характерна тенденция не только повышения технического уровня предлагаемых изделий, но и серьезная работа над комплексом услуг, оказываемых потребителю в процессе их использования.

Проектированию машин теперь предшествуют тщательное изучение применения и условий эксплуатации аналогичных изделий, а также строительство, при необходимости, сети станций технического обслуживания, ремонтных мастерских, складов запасных частей и т. д. Получило распространение оснащение станций технического обслуживания современным диагностическим оборудованием. Диагностические линии, приборы, стенды позволяют наглядно и точно установить появление дефектов, нарушение регулировки.

Большое значение фирмы-изготовители придают организации ТО машин в пределах гарантийного срока их эксплуатации. При этом ставится цель обеспечить безотказную работу машины в течение всего срока гарантии, и само понятие гарантии означает, что завод-изготовитель заверяет потребителя в надежности машины, а не в своевременном и безвозмездном устранении дефектов.

С целью поддержания репутации фирмы-изготовители вводят гарантированные регулярные осмотры машин инспекторами-консультантами, обладающими большим опытом работы как по производству изделий, так и по их техническому обслуживанию. Фирмы-изготовители предпочитают использовать специалистов для определенного вида работ по регулировке и наладке механизмов вместо механиков-универсалов. Выделены группы специалистов-диагностов, другие группы специалистов ведут наблюдение за смазкой и заправкой машин, за состоянием шин и ходовой части и т. д.

В настоящее время к планированию и определению содержания работ по ТО привлекаются конструкторы машин и технологи. Это позволяет определить дета-

ли и механизмы, подверженные наиболее интенсивному износу, который может вызвать ускоренный износ других деталей, либо нарушение регулировки механизмов, сопровождающееся преждевременным выходом машины из строя. Выявляются так называемые «критические» детали, составляются карты возможного износа, определяются необходимые сроки контроля, замены и регулировки, разрабатываются рекомендации для обслуживающего персонала.

Во многих странах фирмы-изготовители машин создают технические центры, которые, не являясь производственными предприятиями по ТО и ремонту машин, предназначены для организации и координации деятельности агентских специалистов фирмы-изготовителя.

Технические центры, располагающие кадрами высококвалифицированных специалистов и современной учебно-материальной базой, осуществляют подготовку местных специалистов, наблюдение за работой машин, изучают требования потребителей машин и деятельность фирм-конкурентов и имеют непосредственную связь с заводами-изготовителями.

В связи с тем, что особенности эксплуатации строительных машин обуславливают проведение ТО в местах их работы, фирмы-изготовители широко используют подвижные средства технического обслуживания.

Стремление дифференцировать работы по отдельным специальностям отразилось на конструировании и оснащении подвижных средств ТО, специализированных по обслуживанию гидравлических систем, систем смазки и других.

Большое значение придается технической документации, наглядности, удобству использования инструментов и приспособлений. Основное содержание инструкций и руководств составляют красочные рисунки, фотографии, показывающие приемы работ, инструмент, приспособления и их использование.

Представляется, что накопленный за рубежом опыт организации ТО строительных машин должен быть творчески использован в нынешних условиях РФ.

Основой эксплуатации строительных машин в России является их техническое обслуживание и ремонт, выполняемые на основе диагностирования их технического состояния. Мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту машин разрабатывают с учетом эксплуатационной и ремонтной документации заводов-изготовителей, а также требований к техническому состоянию машин и правил безопасной эксплуатации, установленных государственными нормативно-техническими документами. В состав работ технического обслуживания, имеющего более высокий порядковый номер, входят работы каждого из предшествующих видов ТО, включая ежедневное.

Текущий ремонт должен обеспечивать ресурс машины до очередного ремонта.

Техническое диагностирование входит в состав технического обслуживания и текущего ремонта и обеспечивает их проведение по фактическому техническому состоянию машин. При техническом диагностировании с помощью приборов измеряют диагностические параметры машины, составных частей, сборочных единиц и деталей. В результате диагностирования наиболее ответственных узлов

и агрегатов машины прогнозируют их технический остаточный ресурс и принимают решение о возможности дальнейшей эксплуатации.

Согласно нормативному документу [18] типовые нормы периодичности, трудоемкости и продолжительности операций технического обслуживания (ТО-1, ТО-2) и текущего ремонта строительных машин, в том числе сопутствующего ему технического обслуживания ТО-3, определены на основе обработки статистических данных наблюдений с учетом проведения работ на эксплуатационных базах, эксплуатирующих смешанные парки с количеством машин 100...250 единиц в центральной природно-климатической зоне России.

Типовые нормы трудоемкости и продолжительности выполнения работ по ТО и текущему ремонту строительных машин разработаны на основе указаний по составу работ, содержащихся в эксплуатационной и ремонтной документации этих машин, а также фактических затрат труда и времени на эти работы в строительных организациях.

Однако существующие нормативные данные (периодичность и т. д.) выше-названных мероприятий по ТО и ремонту, приведенные для находящихся в эксплуатации крупных смешанных групп строительных машин (общим количеством более 100 единиц), не всегда совпадают с приведенными в технической документации заводов-изготовителей или с другими, ранее действовавшими, нормативными документами. К тому же эксплуатационных баз с таким количеством строительных машин, одновременно находящихся в эксплуатации, с учетом нынешних объемов строительных работ в стране немного.

При количестве машин смешанного парка, находящихся в эксплуатации, менее 100 указанные нормы ужесточаются коэффициентом до 1,1 раза, то есть до 10 %, что является весьма приближенным расчетом (например, для групп из 20 и 90 машин смешанного парка не ясно, как определить этот коэффициент). То есть нормативы не учитывают техническое состояние и условия эксплуатации конкретной малой группы однотипных строительных машин, преобладающих в эксплуатации в настоящее время.

Таким образом, существующие в настоящее время и ранее используемые нормативные документы, рекомендуемые организацию ТО и ремонта строительных машин, ориентированы в основном на большие группы смешанного парка машин (более 100 единиц), с отклонением от установленной периодичности проведения технического обслуживания на 10 %.

В этих условиях актуальной является методика определения оптимальной периодичности ТО и сопутствующего текущего ремонта небольшой группы однотипных машин с учетом их технического состояния и условий эксплуатации. Как было выше отмечено, операции ТО и ремонта машин выполняют на основе диагностирования их фактического технического состояния и определения остаточного ресурса диагностируемых агрегатов, систем и механизмов.

Постоянное совершенствование и усложнение конструкции разномарочных гидрофицированных машин отечественного и зарубежного производства усложняет поиск неисправности, прежде всего в условиях строительной площадки, где

наступил отказ техники, и требует применения современной диагностической аппаратуры, а также эффективных методов выявления характерных неисправностей.

Задачей является *разработка эффективной методики определения рациональной периодичности ТО небольшой группы однотипных машин и выбор эффективных способов диагностирования в условиях строительной площадки наиболее часто подверженных отказам их элементов (в том числе гидропривода).*

Таким образом, по экономическим соображениям планирование технической эксплуатации (расчет потребных площадей, технических и людских ресурсов) тех наиболее ответственных агрегатов и узлов машин (для устранения неисправности которых в ремонтной мастерской требуется их снятие с машины) за изменением технического состояния которых есть смысл вести наблюдение при очередном ТО, может производиться при диагностировании по состоянию (с последующим расчетом остаточного технического ресурса по известной методике), а неисправности, которые могут быть устранены непосредственно на машине, — по наработке на отказ (интенсивности потока отказов).

К первой группе агрегатов гидрофицированных машин (периодически контролируются параметры состояния, дается прогноз остаточного технического ресурса) можно, прежде всего, отнести: гидронасос и гидроцилиндры.

Ко второй группе элементов гидрооборудования (постоянно контролируется наработка, и по потребности, нормативной или оптимизированной периодичности выполняются плановые технические обслуживания и сопутствующий им текущий ремонт) относятся: замена фильтрующих элементов, рукавов высокого давления, крепежные, регулировочные, смазочно-заправочные работы и т. д.

Отсюда возникает необходимость рассмотреть обе методики: определения остаточного ресурса по диагностическим параметрам и рациональной периодичности ТО и сопутствующего ремонта по наработке машины до отказа.

Отсутствие технической документации на строительные машины зарубежного производства затрудняет планирование их эксплуатации владельцами. Тем не менее их эксплуатационные нормы должны быть каким-то образом адаптированы к существующему составу парка и его материальной базе, так как расчет сил и средств осуществляется для эксплуатационной базы в целом.

Нередко значительная часть парка строительных машин и автотранспорта эксплуатационной базы простаивает по причине отсутствия объема работ, в том числе связанном с *сезонным* характером определенных видов строительных работ. Поправка на такие сравнительно длительные перерывы в эксплуатации машин не учитывается в нормативных документах, хотя как раз в эти периоды технический персонал эксплуатирующих строительные машины организаций активно занимается организацией ТО и текущих ремонтов техники. В то же время, с целью получения максимальной выработки машин в период ведения интенсивных работ на объектах строительства, плановые ТО проводятся не всегда (или проводятся в ограниченном объеме во время обеденных перерывов и т. д.), обычно машина работает до отказа, оперативно устраняемого силами специализированного звена подвижного средства текущего ремонта.

Таким образом, реальный годовой план технического обслуживания машин не всегда совпадает с планируемым по установленной нормативной наработке.

Действующие в настоящее время и основанные на плановых мероприятиях по наработке машин в мото-ч рекомендации по организации ТО и ремонта современных строительных машин (почти на 100 % оснащенных гидроприводом) совершенно не учитывают собственно сам режим работы гидропривода (легкий, средний или тяжелый), а именно — коэффициенты использования номинального давления и продолжительности работы гидропривода под нагрузкой, которые существенно влияют на ресурс его основных агрегатов. Таким образом, корректировка плановых мероприятий по поддержанию их работоспособности неизбежна при наступлении аварийного отказа или посредством обратной связи о состоянии агрегата путем его периодического диагностирования.

Диагностирование и определение остаточного ресурса элементов гидропривода тем не менее не исключают их внезапных отказов, что требует сил и средств по их оперативному устранению.

Ремонт сложных элементов гидропривода (гидронасосов, гидромоторов и других) требует высокой квалификации ремонтников, специального оборудования и оснащения, организовывается в ремонтных мастерских или на заводах-изготовителях этой продукции. Появление в последние десятилетия большого количества разномарочной строительной техники зарубежного производства, а также значительного количества небольших фирм-владельцев строительных машин затрудняет проведение подобного ремонта. Во многих случаях агрегаты не ремонтируются, а заменяются на новые или работоспособные из оборотного фонда, что требует создания их запаса и повышает стоимость эксплуатации машин. Однако значительная доля неисправностей гидросистемы (как и других систем, агрегатов и узлов машины) может быть устранена на месте, то есть на строительной площадке. В любом случае поиск неисправности, демонтаж (монтаж), разборочно-сборочные, регулировочные и другие работы при устранении отказа агрегата или узла гидрооборудования машины выполняются силами подвижного средства текущего (заявочного или оперативного) ремонта.

Такие работы обладают повышенной сложностью, трудоемкостью, требуют, как правило, применения грузоподъемной техники и соответствующей подготовки специалистов и рабочих, а также оборудования, специальных приспособлений и инструмента.

Следующей задачей является *разработка современных подвижных средств для оперативного ремонта гидрофицированных машин в условиях строительной площадки, а также технологических карт производства таких работ.*

С учетом изменившегося за последние десятилетия состава, свойств конструкции строительной техники и специфики выполняемых ею работ, а также учитывая широкое разнообразие природно-климатических условий в стране, проблема рациональной эксплуатации машин, направленной на поддержание их работоспособного состояния в течение заданного периода эксплуатации, является актуальной.

В связи вышеизложенным возникает необходимость в исследовании существующих эксплуатационных баз строительных машин (смешанных парков) и разработка предложений по их реконструкции, развитию и созданию новых, в том числе предложений по совершенствованию организационно-технических решений малых эксплуатационных баз с целью поддержания заданного коэффициента их технической готовности с учетом возраста, технического состояния парка машин и условий их эксплуатации (сезонность, режим работы и др.).

Задачей является *разработка рекомендаций по проектированию малых эксплуатационных баз машин* (на заданном примере состава и характеристики парка машин), в том числе *на основе унифицированных, серийно выпускаемых промышленностью модульных блоков и модели их рационального функционирования, обеспечивающей заданный коэффициент технической готовности.*

1.2. Управление надежностью машин в эксплуатации

Большинство задач, решаемых технической эксплуатацией, связано в различной степени с качеством строительной машины, агрегата, детали, технологического оборудования, эксплуатационных материалов при их использовании в определенных условиях эксплуатации. Качество – это совокупность свойств, определяющих степень пригодности изделия или материала, то есть строительной машины, агрегата, эксплуатационного материала, к выполнению заданных функций при использовании их по назначению. Качество складывается из свойств. Каждое свойство характеризуется одним или несколькими параметрами, которые могут принимать различные количественные значения, называемые показателями.

К основным технико-эксплуатационным свойствам, которые закладываются при проектировании и производстве строительной техники, относятся: производительность, грузоподъемность, динамичность, экономичность, работоспособность, экологичность, ремонтпригодность и другие. Большая часть первоначальных свойств машин, например производительность, работоспособность и некоторые другие, ухудшаются по мере работы («старения») машины.

На основе обобщения опыта установлено, что показатели, характеризующие такие важнейшие свойства машины, как производительность W и работоспособность α_r , изменяются по времени, как правило, экспоненциально:

$$\begin{aligned} W(t) &= W_1 \exp[-k(t-1)], \\ \alpha_r(t) &= \alpha_{r1} \exp[-k_1(t-1)], \end{aligned}$$

где W_1 и α_{r1} – средняя производительность и коэффициент технической готовности за первый год эксплуатации машины; k и k_1 – коэффициенты, характеризующие интенсивность изменения показателей качества во времени.

Количественное изменение показателей качества машины во времени выражается надежностью.

Надежность – это свойство машины сохранять во времени в заданных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции. Иными словами, надежность – это качество изделия, развернутое во времени.

Продолжительность работы изделия (агрегата, механизма, детали), измеряемая в часах, километрах пробега, называется *наработкой*. Нарботка детали до предельного состояния, определенного технической документацией, называется *техническим ресурсом* (в интервале которого изделие технически исправно и может выполнять свои функции).

Состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами, значения которых установлено технической документацией, называется *работоспособностью*.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособности и приводящее к прекращению рабочего процесса машины.

Другие отклонения технического состояния машины от установленных норм называются *неисправностями*.

Следует иметь в виду, что надежность является сложным свойством машины, включающим безотказность, долговечность, эксплуатационную технологичность (ремонтпригодность) и сохраняемость.

Безотказность – это свойство машины непрерывно сохранять работоспособность в течение определенной наработки (времени или пробега). Для оценки безотказности применяют следующие основные показатели: вероятность безотказной работы, среднюю выработку до и между отказами, интенсивность отказов.

Долговечность – свойство машины сохранять работоспособность при проведении установленных работ технического обслуживания и ремонта до наступления предельного состояния.

Эксплуатационная технологичность (ремонтпригодность) – свойство машины, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, выявлению отказов, повреждений и неисправностей и их устранению при проведении ТО и ремонта.

Сохраняемость – свойство изделия или материала сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение срока хранения, а также при транспортировке.

Интенсивность изменения первоначальных показателей качества изделия (машины) зависит от сферы производства и эксплуатации.

Последняя, применяя рациональную систему ТО и ремонта, совершенную производственную базу, повышая квалификацию и заинтересованность персонала и другие методы, может активно влиять на реализуемые показатели качества. Например, около 10...15 % всех отказов и неисправностей являются следствием некачественного ТО и ремонта.

Существенное влияние на работоспособность машин оказывает рациональная система *обновления парка*. Использование машин, имеющих большую нара-

ботку (пробег) с начала эксплуатации, существенно ухудшает их эксплуатационные качества: сокращает коэффициент технической готовности, производительность, резко возрастают трудовые и материальные затраты и потребность в рабочей силе. Изменяется характер ремонтных работ (увеличивается их сложность), растет потребность в специальном ремонтном оборудовании и запасных частях, в парке увеличивается удельный вес машин и агрегатов, прошедших капитальный ремонт и имеющих низкие показатели надежности.

Например, при увеличении срока службы машин на автомобильном шасси с 8 до 10 лет затраты на ТО и ремонт, а также капиталовложения в производственную базу возрастают на 15...23 %.

Таким образом, не только сфера производства, но и сфера технической эксплуатации может активно влиять на формирование качества во времени, то есть управлять им. Обычно считается, что их вклад в реализуемые показатели качества машин соотносятся как 60...65 % и 35...40 %.

Задачей коммерческой эксплуатации машин является получение конечного результата (объема выполненных работ) в заданное время с заданными экономическими (расходы, доходы, прибыль, трудоемкость и др.) показателями.

Задачей технической эксплуатации машин является своевременное обеспечение производственного процесса (строительства) работоспособной техникой нужной номенклатуры при оптимальных трудовых и материальных затратах. При этом промышленность поставляет строительную технику, а система технической эксплуатации обеспечивает ее работоспособность. Таким образом, основной задачей технической эксплуатации является управление работоспособностью строительных машин и их эксплуатационных баз. Если при этом достигается улучшение состояния системы, то управление называется *рациональным*, а при достижении оптимального состояния – *оптимальным*.

К основным этапам управления относятся:

1. Определение цели, стоящей перед управляемой системой или подсистемой. Целью системы является ее возможное будущее состояние, достижимое при помощи определенных действий, являющихся следствием принятых решений.
2. Получение объективной информации о состоянии системы и действующих на нее внешних факторов.
3. Обработка и анализ информации, количественная оценка информации.
4. Принятие обоснованных решений в соответствии с целями системы, полученной и обработанной информацией.
5. Придание решению нормативной формы и доведение его до исполнителей.
6. Реализация решения, например, обновление парка, реконструкция производственной базы, введение новой системы морального и материального поощрения ремонтных рабочих, направление машины в ремонт и др.
7. Получение реакции (отклика) системы в виде новой информации (обратная связь), которая снова обрабатывается, анализируется и на ее основе принимается новое обоснованное решение или корректируется прежнее.

Таким образом, реальное управление технической эксплуатацией машин носит многоэтапный характер, когда к цели система приходит, как правило, не за один, а за несколько шагов, последовательно корректируя действия с учетом достигнутых результатов.

Эффективность технической эксплуатации строительных машин определяется шестью основными факторами, составляющими дерево систем или программ.

1. Система и организация ТО и ремонта, которая определяет рациональную стратегию поддержания и восстановления работоспособности парка машин.
2. Производственная база, которая обеспечивает материальные условия выполнения рекомендаций системы ТО и ремонта.
3. Персонал, уровень квалификации и заинтересованность которого создают условия для качественного и производительного выполнения ТО и ремонта, а также экономии ресурсов.
4. Система снабжения и резервирования, обеспечивающая запасными частями, материалами, машинами и агрегатами.
5. Структура и возраст парка, которые при прочих равных условиях определяют объем и характер необходимых работ по ТО и ремонту машин.
6. Условия эксплуатации, которые влияют на надежность и, как следствие, на нормативы технической эксплуатации и потребность в ТО и ремонте.

Научно-технический прогресс в области строительной техники характерен усложнением узлов и агрегатов машин, ростом энерговооруженности уровня компьютеризации. В этой связи происходит усложнение сервиса и обостряется проблема поддержания строительной техники в работоспособном состоянии.

Современная эксплуатационная база строительных машин должна соответствовать реальным условиям внешней среды (экономической и технологической) для нормального функционирования и роста на рынке выполняемых услуг. Существующие в настоящее время методологические основы управления техническим состоянием строительных машин в эксплуатации перестали в полной мере удовлетворять современной макроэкономической ситуации.

Поддержание машин в технически исправном состоянии в значительной степени зависит от уровня развития и условий функционирования производственно-технической базы (ПТБ) предприятия. В современных условиях развитие ПТБ отстает от темпов развития парка машин. Во многих предприятиях увеличивается доля парка современной техники с высокими ресурсными пробегами и наработками. Однако на предприятиях часто отсутствуют строгие нормативы по трудоемкости и длительности технических воздействий в силу отсутствия данной информации по современной импортной технике и малого срока ее эксплуатации. Поэтому возникают сложности по определению производственной программы пунктов ТО и ремонта таких машин силами эксплуатирующих предприятий (распределение видов работ, количество постов, оборудование).

Перечисленные причины позволяют сделать вывод о необходимости совершенствования методики технологического проектирования ПТБ при реконструк-

ции и развитии эксплуатационных баз строительных машин и, прежде всего, расчета производственной программы по ТО и ремонту машин предприятия.

Постоянное совершенствование и усложнение конструкции разномарочных гидрофицированных машин отечественного и зарубежного производства усложняет поиск и устранение неисправности, прежде всего в условиях строительной площадки, где наступил отказ техники, что требует применения современной диагностической аппаратуры, эффективных методов выявления характерных неисправностей и разработанной технологии их устранения силами подготовленного состава специально оборудованного подвижного средства.

Отсюда возникает необходимость обоснованного распределения трудоемкости и состава выполняемых ПТБ работ между стационарными и подвижными средствами, в основном ориентированными на ТО и текущий (заявочный) ремонт машин агрегатным методом.

Таким образом, задачей является совершенствование методики расчета производственной программы ТО и текущего ремонта машин, адаптация ее к условиям предприятий, эксплуатирующих современную строительную технику. Целью такого совершенствования является оптимизация структуры парка, определения мощности ПТБ, а следовательно, стратегии развития предприятия на среднесрочную перспективу на основании реальных данных по обслуживанию имеющейся техники, в том числе и иностранного производства.

1.3. Требования к эксплуатационным базам и методика их исследования

В последнее десятилетие номенклатура занятой в строительстве техники существенно расширилась, в основном за счет моделей зарубежного производства, а также усовершенствованных отечественных машин.

Изменение формы собственности в государстве и связанное с этим появление большого количества частных фирм-владельцев строительной техники, проблемы их существования и становления в условиях рыночной экономики в значительной степени отложили на второй план вопросы рациональной эксплуатации используемых машин, существенно влияющие в целом на эффективность строительного производства.

В процессе эксплуатации строительных и дорожных машин высокий уровень технической готовности обеспечивается регулярным техническим обслуживанием. Все виды ТО согласно Рекомендациям по организации технического обслуживания и ремонта машин планируют и проводят по графику независимо от технического состояния машин, а текущий и капитальный ремонты – по потребности. Последние тоже планируются с целью определения необходимых производственных затрат, рабочей силы и материальных средств. Причем ТО должно быть организовано централизованно и выполняться специализированными бригадами. Следует иметь в виду, что при проведении ТО все агрегаты и узлы машины должны подвергаться диагностике с применением современных средств конт-

роля параметров состояния, а также последующим определением остаточного ресурса агрегатов и систем.

Текущий ремонт, предусматривающий замену или восстановление отдельных деталей или узлов, выполняется обычно агрегатно-узловым методом, прежде всего в условиях ремонтной мастерской или в полевых условиях.

Для своевременного и качественного ТО и ремонта строительной техники в полевых условиях необходимо иметь специализированные передвижные средства: мастерские для проведения обслуживания и ремонта техники, станции диагностики, автоцистерны, топливо- и маслозаправщики и др.

Мобильные мастерские ТО и ремонта машин (типа ПАРМ) могут состоять из специализированных вагонов-цехов: токарно-механического, электросварочного, кузнечно-медницкого, термического, шиноремонтного, ремонта топливной аппаратуры и т. п., выпускаемых промышленностью.

Выпуск подобных мобильных средств для диагностики и ремонта строительной техники необходимо планировать в масштабе страны.

Эксплуатационные базы представляют собой комплекс производственных площадок, помещений и оборудования, обеспечивающих эксплуатацию машин на объектах работ. Основными функциями баз являются ТО и текущий ремонт машин, а также выполнение работ, связанных с их приемкой, обкаткой, монтажом и демонтажом, транспортированием и хранением.

Условно считается, что создание эксплуатационных баз целесообразно при наличии 50 и более единиц техники. При меньшем количестве обслуживаемых машин создаются *временные пункты ТО и ремонта* техники (ВПТОР) или при длительном нахождении строительной организации на одном месте – эксплуатационные базы с минимально необходимым количеством элементов.

Устраиваются ВПТОР на базе подвижных мастерских и быстромонтируемых инвентарных зданий, палаток и т. п. Для организации ВПТОР при дорожном строительстве широкое распространение получили тканекаркасные или тентовые конструкции различных размеров. Они имеют сборный металлический или деревянный каркас, покрытие из капроновой ткани с резиновой пропиткой, из лавсановой ткани или поливинилхлоридных материалов. Эти конструкции обладают небольшой массой, коррозионной стойкостью, легко монтируются и демонтируются. Наибольшее распространение получили тканекаркасные сооружения ТКС-18М (размеры 18×48×9 м) и ТКС-12 (размеры 12×24×6 м), каркас арочный. Сооружения рассчитаны на работу при температуре воздуха от –40 °С до 50 °С при скорости ветра до 30 м/с. При использовании теплогенераторов при температуре окружающей среды –40 °С внутри сооружения поддерживается температура 5 °С, что обеспечивает нормальную работу ремонтников.

Для механизации работ по ремонту строительных машин в инвентарных зданиях применяются специальные малогабаритные козловые краны грузоподъемностью до 8 т с пролетом 10 и 7 м и с высотой подъема крюка 6 и 4,8 м. Такой кран в разобранном виде легко транспортируется автотранспортом, его монтаж осуществляется с помощью собственных лебедок.

При выполнении сосредоточенных строительных работ продолжительностью, как правило, до 5 лет для хранения, ТО и текущего ремонта гусеничных и колесных машин вблизи строительных объектов устраивают временные эксплуатационные базы или так называемые *полевые парки обслуживания*. В них по окончании рабочей смены возвращаются, как правило, все машины, кроме экскаваторов и бульдозеров на гусеничном ходу и некоторых пневмоколесных машин.

Полевой парк обслуживания должен иметь площадки стоянки и хранения машин, посты очистки и мойки, контрольного технического осмотра и диагностики, технического обслуживания и текущего ремонта машин. На территории парка размещаются противопожарные средства, склады запасных частей и инструмента, комната отдыха, душевая, столовая, диспетчерская и проходная.

Он представляет собой площадку, оборудованную стоянками, средствами подогрева машин (водомастлогрейка и др.), средствами заправки машин, навесами для производства работ и хранения техники и материалов, передвижными средствами для производства работ по ТО и ремонту, вагончиками для временного проживания и бытового обслуживания рабочих и специалистов.

При организации полевого парка обслуживания необходимо:

- чтобы рабочая площадка была ровной, желательно около водного источника, находилась по возможности ближе от места производства механизированных работ и имела подъездные пути;

- устроить помещение для укрытия и хранения воды, топливо-смазочных материалов и других материальных средств;

- обеспечить условия для нормальной работы производственного персонала;

- принять меры для сохранения окружающей среды;

- территорию полевого парка разбить на зоны и посты: зона внешнего ухода, стоянки и ежесменного обслуживания машин; пост контрольного осмотра и диагностики; зона ТО и замены рабочего оборудования; зона ремонта машин.

Зона внешнего ухода состоит из двух постов: очистки и мойки. Посты очистки и мойки обеспечиваются инструментом и моечным оборудованием, а также простейшими очистными сооружениями. При отсутствии водного источника пост оснащается специальными емкостями для доставки и хранения воды, сооружается артезианская скважина с погружным насосом и расходной емкостью.

Зона стоянки и ежесменного обслуживания (ЕО) машин должна иметь площадку, соответствующую нормам противопожарной безопасности и достаточную для размещения 60...80 % машин, обслуживаемых базой, с проходами между ними для удобного проведения операций ЕО. В зоне стоянки производится контрольный осмотр техники машинистами и осуществляются операции ЕО, не требующие применения специального оборудования, кроме смазочного.

Пост контрольного осмотра и диагностики предназначен для выявления неисправностей машин и определения объема необходимых работ. На пост контрольного осмотра направляются машины, подлежащие ТО, а также машины, нуждающиеся в текущем или заявочном (внеплановом, оперативном) ремонте. Пост

контрольного осмотра располагается непосредственно у зон технического обслуживания и текущего ремонта, оборудуется из расчета одновременного осмотра не менее двух-трех машин. Для каждой машины отводится отдельное рабочее место, обеспеченное оборудованием, инструментом, приборами и инвентарем. Рабочие места должны быть специализированы (для бульдозеров, экскаваторов и др.). Осмотр и диагностику машин производит сменный механик при участии машиниста и диагноста.

Зона для проведения ТО и замены рабочего оборудования представляет собой площадку, размер которой позволяет одновременно обслужить необходимое количество машин (по расчету). Зона разбивается на универсальные посты для выполнения на каждом из них следующих работ: крепежных, контрольно-регулирующих, смазочных, сварочных и смены рабочего оборудования. Количество постов определяется расчетом. Каждый пост должен иметь 2–4 рабочих места. Для обеспечения работ, входящих в ТО, зоне придается передвижная мастерская с набором инструмента, оборудованием и эксплуатационными материалами. Техническое обслуживание машин выполняется штатом мастерской в количестве двух–трех человек при участии машинистов.

Зона ремонта полевого парка служит для выполнения планового (ТР) и заявочного (ЗР) ремонта на основе замены неисправных агрегатов и узлов на заранее отремонтированные. Территория зоны должна быть достаточной для размещения на ней рабочих постов под легким навесом, в бокс-палатках или специальных вагонах для разборки и сборки машин и размещения отделений: агрегатного, сварочного, аккумуляторного и других. Механическая обработка металла (токарные, сверлильные и другие операции) выполняется в дорожной передвижной ремонтной мастерской (например, ДПРМ-2М).

Зона ремонта оснащается также *передвижными средствами* на шасси автомобилей повышенной проходимости с соответствующим оборудованием, инструментом и приспособлениями. Разработка исходных данных для проектирования этих средств с учетом заданного состава парка машин, преобладающих состава и объемов производимых ремонтных работ является одной из задач исследования.

Склад запасных частей, оборотных агрегатов и ремонтных материалов располагают вблизи зон ТО и ремонта. Он может представлять собой щитовую разборную конструкцию, оборудованную стеллажами, или располагаться в передвижных вагонах типа ВД-8М и других. Некоторые материалы (сортовой металл, отливки, поковки, несложные узлы и сменное рабочее оборудование машин) можно хранить под навесом. Для подъема тяжелых узлов и агрегатов при их замене и для других подсобных работ необходимо иметь автомобильный кран, гидравлические или реечные домкраты грузоподъемностью 5...10 т.

Для хозяйственных перевозок, доставки машин и агрегатов парку придается автотранспортные средства.

Стационарные эксплуатационные базы обходятся значительно дороже, чем передвижные, работающие на одном месте до 3...4 лет. Удельные капиталовложения для них примерно в 15 раз больше, чем для передвижных баз.

При проектировании стационарного пункта технического обслуживания и ремонта (ПТОР) строительных машин соблюдаются не только условие технологической взаимосвязи и действующие нормы строительного, санитарного и противопожарного проектирования. Выполняя технологическую планировку производственного корпуса, предлагается учитывать следующее:

1. В пункте технического обслуживания и ремонта следует предусматривать возможность изменения (совершенствования) технологии производства. В связи с этим, в дополнение к существующему положению, расчетную площадь производственного корпуса, состоящую из суммы площадей участков и отделений, увеличивают на 10...15 % с учетом проходов (проездов) между участками (отделениями). Предусматривается как можно меньше помещений, участки отделяются друг от друга трансформируемыми перегородками.

2. Здание ПТОР должно быть энергоэффективным. Сократить энергопотребление можно повышением компактности здания, применяя укрупненную сетку колонн, рационально размещая основные и вспомогательные помещения. При проектировании ПТОР необходимо стремиться к минимизации периметра, так как это сокращает расходы на возведение наружных стен, отопление и т. д.

3. Усредненные значения отношения длины L_1 производственного корпуса ПТОР (по существующим типовым и перспективным проектам от 6 до 10 универсальных постов) к его ширине L_2 составляет 0,25...0,3. С целью оптимизации периметра можно рекомендовать при разработке проектов ПТОР стремиться к ограничению названного соотношения неравенствами $1,0 < L_1/L_2 < 2,25$ – для малых и средних парков и $1,0 < L_1/L_2 < 3,0$ – для больших парков техники, что позволит уменьшить периметр производственного корпуса на 9...20 % по отношению к существующим усредненным значениям.

4. При текущем ремонте двигателей внутреннего сгорания строительных машин и автомобилей целесообразно выделение специализированного поста (отделения) по ремонту двигателей с оснащением его соответствующим грузоподъемным и технологическим оборудованием (стенды-кантователи и т. п.) для выполнения ремонтных работ. При необходимости в одном из крайних пролетов корпуса рядом с отделением ремонта двигателей может помещаться испытательная станция, снабженная обкаточным электротормозным стендом.

5. Следует иметь в виду, что при проведении технического обслуживания все агрегаты и узлы машины должны подвергаться диагностике с применением современных средств контроля.

6. С целью создания на основе унификации единой номенклатуры строительных изделий и конструкций для заводов стройиндустрии габаритные схемы зданий ПТОР, оборудованных подвесными кранами общего назначения грузоподъемностью от 2,0 до 5,0 т следует принять на основании поперечной схемы расположения несущих конструкций покрытия. При этом ширина пролетов производственного корпуса ПТОР составляет 12 и 18 м; высота здания – 3,6...7,2 м; шаг колонн: крайних – 6 м, средних – 6 или 12 м.

7. Пункт технического обслуживания и ремонта должен обеспечивать возможность комплексного технического обслуживания и текущего ремонта гусеничных и колесных строительных машин и принадлежащего организации автомобильного транспорта. Состав его участков выбирается в зависимости от тех видов работ, на которые распределена его производственная программа.

В ПТОР может быть следующий примерный состав участков (постов): технического обслуживания и текущего ремонта гусеничных машин; технического обслуживания и текущего ремонта колесных машин; диагностирования гусеничных машин (передвижной пост); диагностирования колесных машин; текущего ремонта агрегатов колесных и гусеничных машин; обслуживания и ремонта топливной аппаратуры; ремонта гидро- и пневмосистем; слесарно-механический; кузнечно-термический; медницко-жестяницкий; электро- и газосварочный (наплавочный); шиноремонтных и шиномонтажных работ; обслуживания и ремонта аккумуляторных батарей; малярных работ.

Приведенный перечень участков (постов) может быть сокращен или расширен в зависимости от степени детализации технологического процесса. На отдельных участках могут выполняться не только однотипные работы, но и работы различных видов, если позволяет технология, требования техники безопасности и производственной санитарии. Так, кузнечно-термические и сварочно-наплавочные работы (или медницко-жестяницкие) могут производиться на одном участке. Работы, имеющие незначительную трудоемкость, целесообразно относить к одному посту. Окончательный выбор состава участков должен быть сделан в соответствии с объемом работ, особенностями конструкции машин и принятой технологической схемой технического обслуживания и ремонта.

8. Распределение общей трудоемкости между операциями ремонта зависит от многих факторов: вида и способа выполнения ремонта; причин, обусловивших появление отказа; числа типов машин, подлежащих ремонту. Соотношение между различными операциями устанавливают на основе технологических карт ремонта машин, восстановления и изготовления деталей. При разработке структуры ПТОР необходимо использовать среднее статистическое распределение трудоемкости обслуживания, диагностики и текущего ремонта машин по видам работ, полученное в результате анализа производственных программ существующих подобных смешанных парков строительных машин методом экспертных оценок за несколько лет эксплуатации. Следует учитывать, что распределение трудоемкости по видам работ может существенно отличаться в ПТОР, специализирующихся на обслуживании и ремонте машин определенного типа.

9. Количество универсальных постов ПТОР находится по формуле:

$$n = \Pi_i / T_{\text{ф.п}} \cdot k_o k_n, \quad (1)$$

где Π_i – годовая трудоемкость i -го вида работ, чел./ч; $T_{\text{ф.п}}$ – годовой фонд рабочего времени поста, чел./ч, k_o – коэффициент одновременности выполнения работ (на-

пример, на унифицированных тупиковых постах может приниматься для гусеничных машин: при техническом обслуживании – 2...3, при текущем ремонте – 3...4); $k_{\text{н}}$ – коэффициент использования рабочего времени постов.

10. Задача определения мощности ПТОР (пропускной способности) сводится к нахождению числа постов ремонта x . Требуемое число универсальных постов для обеспечения заданного уровня вероятности безотказной работы $P(t)$ списочного количества машин N определится как

$$x = T_{\text{в}} [\lambda_{\text{тр}} N_{\text{н}} \Delta t + N_0 \ln P(t) / \Delta t], \quad (2)$$

где $T_{\text{в}}$ – среднее время восстановления, смен; $\lambda_{\text{тр}}$ – средняя интенсивность потока требований на текущий ремонт (отказов), исходящих от всех обследуемых N_0 машин данной группы за период наблюдения T ; Δt – период наблюдения, определяемый по счетчику мото-ч и соответствующий длительности рабочей смены машины (или двух смен) в течение суток; $N_{\text{н}}$ – среднее число исправных машин за период T .

Статистически средняя интенсивность отказов $\lambda_{\text{тр}}$ определяется как отношение количества единиц техники $n(t)$, отказавших в течение рассматриваемого промежутка времени испытаний Δt , к произведению количества единиц техники данной группы $N_0 - n(t)$, работоспособных к началу этого промежутка времени, на продолжительность названного промежутка Δt :

$$\lambda_{\text{тр}} = n(t) / [N_0 - n(t)] \Delta t, \text{ отк./мото-ч.} \quad (3)$$

Параметр потока отказов для единицы техники и их групп в целом принимается как средняя величина от отказов агрегатов и механизмов за наблюдаемый период их эксплуатации. Процесс восстановления, заключающийся в обнаружении и устранении отказов, так же, как и процесс их возникновения, является вероятностным. Случайной величиной здесь выступает среднее время восстановления ($T_{\text{в}}$), под которым понимается математическое ожидание случайной величины. Величина среднего времени восстановления машин определяется как

$$T_{\text{в}} = \Sigma t_{\text{в}} / m, t_{\text{см}}, \text{ смен;} \quad (4)$$

где $\Sigma t_{\text{в}}$ – фактическая суммарная трудоемкость устранения конкретных отказов, чел./ч; m – общее количество отказов техники за наблюдаемый период; $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч.

Для определения значений средней интенсивности потока отказов $\lambda_{\text{тр}}$ и среднего времени восстановления $T_{\text{в}}$ необходимо провести наблюдение в течение нескольких лет эксплуатации за распределением этих величин.

С учетом изменившихся состава, свойств конструкции техники и специфики преобладающих строительных работ, а также, учитывая разнообразие природно-климатических условий в стране, проблема рациональной эксплуатации машин

(землеройных, дорожных, грузоподъемных и других), направленная на поддержание их работоспособного состояния, не перестает быть актуальной.

Таким образом, возникает необходимость исследования существующих баз строительных машин с тем, чтобы дать обоснованные предложения по совершенствованию их организационно-технических решений и обеспечить поддержание заданного коэффициента технической готовности парка машин при различных условиях эксплуатации.

Большое значение для повышения уровня индустриализации и сокращения сроков строительства эксплуатационных баз машин имеет внедрение унифицированных типовых объемно-планировочных и конструктивных решений, которые являются основой последующей стандартизации элементов зданий и сооружений.

В процессе выполнения работы необходимо обобщить отечественный и зарубежный опыт эксплуатации техники и произвести анализ типовых, а также экспериментальных, проектных решений с целью установления оптимальных параметров элементов эксплуатационных баз, основанных на совершенствовании технологических процессов, в том числе корректировке программы пунктов ТО и ремонта.

При изучении состояния вопроса и постановки задач исследования необходимо ориентироваться на средние, наиболее массовые строительные объекты, с периодом строительства в несколько лет и общим количеством задействованных землеройных, дорожных, грузоподъемных и других машин от 50 единиц.

Программа комплексного исследования эксплуатационных баз строительных машин предусматривает решение следующих основных задач:

1. Сбор статистических данных, необходимых для определения математической модели функционирования существующих эксплуатационных баз, раскрывающей причинно-следственную связь и характер воздействия основных факторов на выходной параметр системы ТО и ремонта.

2. Получение необходимых исходных данных и уточнение условий эксплуатации для расчета производственной программы обследуемых парков машин.

3. Обследование эксплуатационных баз по занимаемым площадям с целью обоснования необходимой площади для поддержания заданных требований с учетом конкретных условий эксплуатации. Разработка методики оценки элементов существующих эксплуатационных баз по эффективности использования занимаемых площадей.

4. Изучение эксплуатационной базы с целью выдачи предложений по совершенствованию организационно-технических решений ее элементов (в том числе пункта технического обслуживания и ремонта) с учетом разработанных организационно-технических требований к базам строительных машин.

5. Обеспечение единства технических решений при проектировании и строительстве зданий эксплуатационных баз строительной техники; унификация объемно-планировочных и конструктивных решений зданий, повышение их компактности (модульные блоки); создание на основе унификации единой номенклатуры строительных изделий и конструкций этих зданий для заводов стройиндустрии.

Эксплуатационную базу строительной техники можно рассматривать как совокупность элементов, объединенных общей целевой функцией. Выбор математической модели ее функционирования основан на том, что основным показателем технического состояния машин является *вероятность безотказной работы* $P(t)$ группы однотипных машин, определяемая по формуле

$$P(t) = [N_0 - n(t)]/N_0, \quad (5)$$

где N_0 – списочное число наблюдаемых однотипных машин; $n(t)$ – число неисправных машин за период наблюдения Δt , определяемый по счетчику моточасов.

Эксплуатационная база, как система ТО и ремонта, обладает двумя основными свойствами: *сохраняемостью* и *восстанавливающей способностью*.

Математическая модель интегрированной системы, какой является система обслуживания и ремонта строительной техники, связывает подсистемы в единую систему с помощью математических зависимостей и позволяет определить количественные значения параметров эффективности работы системы.

Анализ работы и инженерная методика расчета системы ТО и ремонта эксплуатационных баз составляется на основании принятой математической модели системы с использованием показателей надежности работы исследуемых машин.

Задача определения мощности ремонтного органа сводится к определению числа каналов обслуживания x , при котором вероятность обеспечения наперед заданного значения $P(t)$ окажется наибольшей.

Программа расчета может быть составлена на основании принятой математической модели системы ТО и ремонта машин, построенной с использованием теории массового обслуживания для систем на универсальных постах.

В парке имеется N_0 однотипных машин, от каждой из которых исходит поток требований на ремонт с интенсивностью λ' . Каждая машина, поступившая в ремонт, может обслуживаться одним из x каналов обслуживания. Суммарная интенсивность восстановления ремонтного органа μ . Если к моменту поступления в систему все x каналов обслуживания будут заняты, то машина становится в очередь на обслуживание. Применительно к условиям исследуемой совокупности парков существующую систему ТО и ремонта следует рассматривать как многоканальную, состоящую из расчетного числа универсальных или специализированных постов, в которую поступает установившийся поток требований.

В качестве целевых переменных могут быть использованы: μ – число единиц техники, восстанавливаемых (обслуживаемых) системой в единицу времени (пропускная способность); $P(t)$ – вероятность безотказной работы однотипной группы машин за период наблюдения Δt .

Применительно к условиям эксплуатации строительной техники, учитывая неравномерность потока требований, для выполнения большого объема работ в короткие сроки может оказаться необходимым обеспечение $P(t)$ на определенном интервале времени не ниже наперед заданной величины.

Необходимое для обеспечения требуемой $P(t)$ на интервале времени t число ремонтов, подлежащих выполнению, определяется из соотношения

$$P(t) = e^{-(\lambda' - \mu') \Delta t}, \quad (6)$$

где λ' – интенсивность потока требований на текущий ремонт, исходящих от одной машины; μ' – статистическая вероятность события, состоящего в том, что единица техники вступит в строй после ремонта (интенсивность восстановления) в любые наугад взятые сутки интервала времени планируемого периода T .

Подставив в (6) заданное значение $P(t)$ и разрешая его относительно μ' , получим

$$\mu' = \lambda' + \ln P(t)/\Delta t. \quad (7)$$

Умножив выражение (7) на списочное число однотипных машин N_0 , находящихся в эксплуатации, определим число текущих ремонтов, которые должна выполнять система с целью обеспечения заданной $P(t)$ для данной группы машин в любые сутки за период наблюдения T :

$$\mu_{\text{тр}} = \lambda_{\text{тр}} N_0 \Delta t + N_0 \ln P(t)/\Delta t, \quad (8)$$

где $\lambda_{\text{тр}}$ – средняя интенсивность потока требований (треб./мото-ч) на текущий ремонт, исходящей от обследуемых N_0 машин данной группы за период наблюдения T .

Для нахождения по известной методике количества стационарных и подвижных постов по ремонту машин рассматриваемой группы трудоемкость текущего ремонта планируется по нормам, указанным в Рекомендациях по организации технического обслуживания и ремонта строительных машин, в зависимости от характеристики потока отказов (интенсивности, сложности).

При планировании работ по ТО и текущему ремонту машин целесообразно учитывать вышерассмотренную оптимальную периодичность их проведения.

Программа исследования эксплуатационных баз по эффективности использования занимаемых площадей включает теоретическое исследование состояния вопроса проектирования и обследование конкретных парков машин на месте. Целью ее является разработка методики оценки элементов существующих баз по эффективности использования занимаемых площадей. Программа предусматривает разработку вариантов моделей типовых эксплуатационных баз строительной техники по существующим штатам согласно нормам проектирования.

В результате исследования эксплуатационных баз строительных машин предполагается разработать:

1. Ситуационные модели функционирования постоянных и временных эксплуатационных баз строительной техники различного списочного состава.

2. Предложения по совершенствованию организационно-технических решений элементов эксплуатационных баз строительных машин, в том числе по корректировке программы пункта ТО и ремонта (ПТОР).

Внедрение в практику строительства обязательной организации временных парков строительной техники, поднятие роли планового технического обслуживания и диагностики, своевременный и качественный текущий ремонт машин, выполняемый специализированными бригадами, позволит в значительной степени повысить общую эффективность строительного производства.

1.4. Оптимизация периодичности ТО строительной техники

При планировании работ по ТО и ремонту строительных машин в малых парках целесообразно учитывать изменяющуюся оптимальную периодичность их проведения. Наблюдения показывают, что чем больше израсходован ресурс машины, тем меньшую роль в поддержании ее работоспособности играют номерные ТО и большее значение приобретает текущий ремонт. Как следствие, возникает предложение о том, что с учетом наработки на отказ, меняющейся по мере старения техники, было бы рационально менять частоту плановых обслуживаний, то есть оптимизировать периодичность ТО машин по показателям надежности (или по экономическим показателям).

В качестве критерия периодичности ТО машин может быть принята вероятность безотказной работы $P(t)$, полученная в результате наблюдения за каждые сутки работы группы однотипных машин с гидроприводом.

При подготовке исходной информации должен быть изучен теоретический материал, эксплуатационная и ремонтная документация заводов-изготовителей, а также государственные нормативно-технические документы, регламентирующие эксплуатацию машин, и проанализированы условия эксплуатации строительной техники на конкретных предприятиях (эксплуатационная документация по учету наработки машин, журнал учета планового ТО и ремонта машин, журнал учета работ по устранению неисправностей машин и др.).

Согласно заданию на проектирование разрабатываются исходные данные, необходимые для последующей оптимизации периодичности ТО однотипных групп машин парка по показателям надежности. Из принятого списочного состава парка машин подвергаются анализу однотипные группы машин: бульдозеры, автогрейдеры, скреперы и экскаваторы, погрузчики и т. д.

Вероятность безотказной работы машин определяется по формуле (5):

$$P(t) = N(t)/N_0,$$

где $N(t)$ – количество находящихся в эксплуатации исправных однотипных машин наблюдаемой группы; N_0 – общее (списочное) количество наблюдаемых однотипных машин в группе.

Вероятность отказа $q(t)$ техники за наблюдаемый промежуток времени Δt :

$$q(t) = 1 - P(t). \quad (9)$$

Важным показателем надежности машин является *интенсивность отказов* $\lambda(t)$, приходящаяся на 1 мото-ч наблюдения, определяемая по формуле (3):

$$\lambda(t) = [N_0 - N(t)]/N(t)\Delta t, \text{ отк./мото-ч.}$$

Полученные количественные величины исследуемых параметров позволяют исследовать качество функционирования системы ТО и ремонта машин и в соответствии с поставленным критерием эффективности (заданной вероятности безотказной работы) принять оптимальное решение по организации ее работы.

Подобные наблюдения ранее реально проводились в условиях интенсивной эксплуатации строительных машин (две удлиненные смены ежедневно) в южной климатической зоне. Их результаты приведены в табл. 1.

Списочное количество наблюдаемых машин находилось в интервале: бульдозеры тягового класса 4 и 10 т – 81...90 машин, одноковшовые пневмоколесные и гусеничные экскаваторы третьей и четвертой размерных групп – 53...72 машины.

Таблица 1

Результаты наблюдений

Бульдозеры		Экскаваторы	
Δt , мото-ч	Среднее значение λ , 1/ч	Δt , мото-ч	Среднее значение λ , 1/ч
64	0,0023	64	0,004
128	0,0006	128	0,001
192	0,0012	192	0,0014
256	0,0009	256	0,00025
320	0,0006	320	0,007
384	0,0029	384	0,001
448	0,0029	448	0,0018
512	0,0014	512	0,0015
576	0,0032	576	0,0006
640	0,0012	640	0,0018
704	0,0014	704	0,0006
768	0,0008	768	0,0009
832	0,0038	832	0,0036
896	0,0016	896	0,002
960	0,0022	960	0,003
1024	0,00076	1024	0,0003
1088	0,002	1088	0,0022
1152	0,0002	1152	0,0022
1216	0,0012	1216	0,0003
1280	0,0021	1280	0,0009
1344	0,0021	1344	0,0003
1408	0,0023	1408	0,0017
		1472	0,0028
		1536	0,0005
		1600	0,003
		1664	0,002
		1728	0,001

Наблюдению подвергались строительные машины, находящиеся в периоде нормальной работы, характеризуемом приблизительно постоянным значением λ . Данные научной технической литературы показывают, что типичная зависимость $\lambda(t)$ имеет характерный вид кривой, которая растет в период приработки сопряжений механизмов, условно прямая линия для ее среднего значения в период нормальной работы и опускается вниз в период старения машины.

В период приработки выявляются конструктивные недостатки машины (этот период можно существенно сократить, осуществив приработку сопряжений до их установки на машину), в конце этого периода обкатки машины интенсивность отказов $\lambda(t)$ резко уменьшается.

В период нормальной работы происходит относительная стабилизация значения $\lambda(t)$. Этот период является значительно большим, чем период приработки деталей машин.

Последний участок является периодом старения деталей и механизмов машины. При превышении предельно допустимых значений диагностических параметров машины отказавший агрегат направляется в капитальный ремонт или списывается (если восстановление экономически не эффективно).

Названная кривая не является универсальной, однако у большинства составляющих машину элементов (агрегатов, систем и механизмов) имеется, как правило, длительный период нормальной работы, на котором опасность отказов практически можно считать постоянной: $\lambda(t) = \lambda \approx \text{const}$.

В процессе выработки оптимальных решений по работе систем обслуживания и ремонта машин большое значение имеет прогнозирование ее работы при различных ситуациях (заданных или случайных). Различают несколько видов прогнозирования технического состояния машин.

Субъективное прогнозирование осуществляется при отсутствии данных и основывается на личных суждениях или суждениях комиссии (экспертный метод).

Прогнозирование на основании опыта производится на основании опыта, полученного ранее при достаточно сходных условиях. При наличии сходных ситуаций производится параллельное сравнение ситуаций и делается вывод. При несколько отличной ситуации прогнозирование строится на основе сбора статистических данных и их экстраполяции.

Прогнозирование на основе математической модели – прогнозирование на основе статистических исследований работы системы за прошлый период и математических моделей таких систем позволяет производить планирование работы на длительный период времени при достаточно высокой (или удовлетворительной) вероятности возможных ситуаций.

Чем крупнее система обслуживания машин и чем короче исследуемый период времени, тем в целом система легче поддается прогнозированию.

По результатам расчета $\lambda(t)$ строим графики изменения интенсивности отказов в зависимости от наработки наблюдаемых машин $\lambda_i = f(t)$, на которых выделяем из суммарного потока отказов характерные составляющие потоки различной плотности.

На графике $\lambda_i = f(t)$ выделяют три характерных потока отказов различной плотности со средними значениями интенсивности, формирующими поток требований на обслуживание ТО-1, ТО-2, ТО-3 и сопутствующие им текущие ремонты $\lambda_{\text{ср1}}$, $\lambda_{\text{ср2}}$ и $\lambda_{\text{ср3}}$.

Если на графике $\lambda_i = f(t)$ суммарный поток интенсивности отказов делится по плотности, например на четыре характерные кривые, то после усреднения двух ближайших (обычно – нижних) кривых, также получим три потока отказов различной плотности со средними значениями интенсивности, формирующими поток требований на соответствующие технические обслуживания и сопутствующие им текущие ремонты: $\lambda_{\text{ср1}}$, $\lambda_{\text{ср2}}$ и $\lambda_{\text{ср3}}$.

Тогда, с учетом применения средств диагностики (предлагаемый способ диагностики элементов гидропривода рассмотрен ниже), оптимальная периодичность номерных технических обслуживаний и сопутствующих им текущих ремонтов определится по следующей формуле (мото-ч):

$$T_{\text{ТО-1, ТР-1}} = q(t) k_p / \lambda_{\text{ср1}} k_d; \quad (10)$$

$$T_{\text{ТО-2, ТР-2}} = q(t) k_p / \lambda_{\text{ср2}} k_d; \quad (11)$$

$$T_{\text{ТО-3, ТР-3}} = q(t) k_p / \lambda_{\text{ср3}} k_d; \quad (12)$$

где $q(t)$ – вероятность отказа, при заданной вероятности безотказной работы машины, например $P(t) = 0,85$, $q(t) = 1 - 0,85 = 0,15$; $k_p \approx 1,25$ – коэффициент одновременности устранения отказов при одном текущем ремонте (принят по данным справочной литературы, требует уточнения в ходе НИР); $k_d \approx 0,85$ – коэффициент снижения трудоемкости работ по ТО и сопутствующему ремонту при применении средств диагностики в условии строительной площадки (также принят по справочным данным и требует уточнения).

При расчете периодичности технических мероприятий без учета средств диагностики машин коэффициент k_d из приведенных формул исключается.

1.5. Разработка диагностической карты технического обслуживания. Прогнозирование остаточного технического ресурса

Диагностирование включает три основных этапа: получение информации о техническом состоянии объекта диагностирования; обработку и анализ полученной информации; постановку диагноза и принятие решения.

Техническое диагностирование входит в состав ТО и ремонта и обеспечивает их проведение по фактическому техническому состоянию машин. При его проведении с помощью приборов измеряют диагностические параметры машин, составных частей, сборочных единиц и деталей. В результате прогнозируют техническое состояние машины и ее остаточный ресурс, принимают решение о ее дальнейшей эксплуатации или определяют потребность в ремонте.

Наработку машин определяют по показаниям счетчиков. Наработку машин, не имеющих счетчиков, определяют по данным учета сменного времени, скорректированного с помощью коэффициента внутрисменного использования.

При диагностировании составляют диагностическую карту (табл. 2, 3, 4) по установленной форме. В ней записывают результаты диагностирования, дают заключение о необходимом объеме и содержании работ по ТО и ремонту. Рассмотрим технологию диагностирования машины на объекте строительства.

1.5.1. Технология диагностирования дизельного двигателя

Мощность дизеля непосредственно на машине в режиме его разгона можно определить с помощью портативного прибора ИМД-2М (ИМД-2Ц – цифровой). В прибор входит индуктивный датчик частоты вращения вала (устанавливается на двигателе против венца шестерни маховика) и измерительно-вычислительный комплект. При вращении маховика зубья венца возбуждают в индуктивном датчике импульсы тока (частота их в герцах равна произведению частоты вращения в оборотах в секунду на число зубьев венца маховика). Для установки датчика в кожухе маховика необходимо подготовить отверстие с резьбой М16×1,5. Это отверстие должно быть против зубчатого венца и отстоять от плоскости разъема картера маховика и кожуха муфты на расстоянии 97 мм для диагностируемого двигателя СМД-15Н (в обычных условиях это отверстие должно быть закрыто резьбовой пробкой).

Двигатель при измерении прогревают до нормальной температуры. Резко переводят рычаг управления регулятором в положение максимальной частоты вращения и измеряют мощность двигателя при номинальной частоте вращения. После трех измерений находят среднее значение мощности и сравнивают его со значением, указанным в эксплуатационной характеристике двигателя.

С помощью названного прибора можно проверить индикаторную мощность каждого отдельного цилиндра, выполнив разгон сначала на всех цилиндрах, затем без одного, проверяемого. Разница показаний указателя мощности и определит индикаторную мощность отключенного цилиндра. Главное, на что нужно обратить внимание при такой проверке, – возможность появления большой разницы в мощности отдельных цилиндров.

Диагностирование *подшипников коленчатого вала* по виброакустическим характеристикам с помощью электронной аппаратуры возможно с использованием прибора ВДП-1 и транзисторного стетоскопа со стрелочным указателем и головными телефонами. Так, для двигателей СМД-15Н интенсивность вибрации при нормальных зазорах в шатунных подшипниках составляет 3...4 м/с², при предельных зазорах уровень вибрации повышается до 12...15 м/с².

Прорыв в картер рабочих газов является одним из диагностических параметров состояния цилиндропоршневой группы (ЦПГ). Внешне он проявляется в повышенном выходе газов из сапуна. Типовой технологией диагностирования двигателей для этих целей рекомендуется прибор КИ-4887-1.

Прибор измеряет отсасываемое из картера количество газов (при давлении в картере, близком к атмосферному) дроссельным расходомером постоянного перепада давления (измеряемого жидкостным манометром).

Прибор тарирован на перепад в 15 мм вод. ст. (150 Па).

Для измерений необходимо загерметизировать отверстие под масломерную линейку и сапун пробками-заглушками, вставить конусный наконечник впускного трубопровода в отверстие маслозаливной горловины двигателя и закрепить конусный заборник выпускного трубопровода на впускной трубе воздухоочистителя (при снятом фильтре очистки воздуха). Для двигателя СМД-15Н измеренный прибором расход картерных газов должен составлять (л/мин): номинальный – 28, допускаемый – 60, предельный – 80.

Этим же прибором при декомпрессировании поочередно отдельных цилиндров (снятием форсунки) на режиме минимальной частоты вращения холостого хода можно выявить поломку, залегание колец в отдельном цилиндре. Если при отключении какого-либо цилиндра расход окажется на 15 л/мин меньше, чем средний расход при отключении других цилиндров, то это указывает на аварийное состояние в отключенном цилиндре.

Метод диагностирования по измерению компрессии широко применяется для оценки состояния ЦПГ двигателей. Для дизельных двигателей рекомендуется компрессиметр КИ-861, устанавливаемый вместо форсунки.

Компрессия при прокрутке коленчатого вала (пусковым двигателем) должна быть не менее 3,0 МПа, но главным диагностическим параметром служит разница компрессии в отдельных цилиндрах (не более 0,4 МПа). Отсюда следует, что для дизелей проверка компрессии позволяет дифференцировать, уточнить место аварийных износов цилиндропоршневой группы.

Виброакустические характеристики для определения технического состояния ЦПГ получают при использовании прибора ЭМДП с вибродатчиком ИС-313А. Зазор между поршнем и гильзой оценивают в полосе частот 2...4 кГц, предельное ускорение вибраций в этом случае составляет около 12 м/с² при зазоре 0,6 мм. Двигатель работает при такой проверке на холостом ходу при частоте вращения 1000 об/мин.

При уменьшенном тепловом зазоре *механизма газораспределения* (ГРМ) клапан не будет полностью садиться в гнездо, нарушится герметичность камеры сгорания; при увеличенном зазоре возрастут ударные нагрузки, появится сильный звонкий стук клапана. Кроме того, изменятся фазы открытия клапанов. Ясно прослушиваемый стук клапанов проявляется при зазоре 0,45...0,5 мм. В связи с этим к операциям обязательной проверки относят проверку герметичности посадки клапанов в гнезда и прослушивание клапанного механизма, а по их результатам проверяют тепловые зазоры.

Для проверки *неплотностей клапанов* ГРМ типовой технологией диагностирования для этих целей предусматривается использование индикатора расхода воздуха КИ-4887-1. В этом случае через отверстие для форсунки подают в ци-

цилиндр двигателя сжатый воздух (давление 0,2 МПа), поршень находится в положении, когда оба клапана закрыты. Выпускной трубопровод индикатора соединяют с ресивером разрежения компрессорно-вакуумной установки, а впускной трубопровод поочередно – то с трубой загерметизированного воздухоочистителя, то с выпускной трубой двигателя. По результатам расхода воздуха через неплотности клапанов оценивают их герметичность. Предельные значения расходов воздуха для впускных клапанов двигателей СМД-15Н – 20 л/мин, для выпускных – 15 л/мин.

Перед проверкой *теплого зазора* (порядок работы двигателя 1–3–4–2, зазор между клапаном и коромыслом на холодном дизеле: номинальный – 0,4 мм, допустимый – 0,35 мм) рекомендуется проконтролировать затяжку гаек крепления головки блока цилиндров. *Момент затяжки* гаек крепления головки блока для рассматриваемых двигателей составляет 200...220 Н·м (контролируется динамометрическим ключом).

Фазы газораспределения проверяют на работающем двигателе с использованием стробоскопа, также применяемого для оценки момента впрыска топлива. Неоновой лампой освещают стержень клапана и улавливают момент начала сдвига клапана.

Измерение *производительности масляного насоса* и проверку регулировки клапанов системы смазки непосредственно на работающем дизеле СМД-15Н возможно с использованием прибора КИ-4858, представляющего собой дроссельное устройство, подсоединяемое к системе смазки через переходники при снятых роторе полнопоточной центрифуги (центробежного фильтра очистки масла) и шелевых масляных фильтрах. Полученные значения давления p и расхода Q масла используют для оценки состояния насоса по графикам гидравлических характеристик.

Для оценки *степени загрязнения и частоты вращения ротора центрифуги* используется измерение времени выбега ротора после остановки двигателя. Такая проверка производится на прогретом двигателе (температура масла не ниже 70 °С), до остановки двигатель работает не менее 1 мин при максимальной частоте вращения. После резкого выключения подачи топлива в момент остановки двигателя (можно отметить по остановке крыльчатки вентилятора системы охлаждения) включают секундомер. Звук работающего ротора можно прослушивать с помощью стетоскопа, приставленного наконечником к колпаку центрифуги, или непосредственно без стетоскопа.

Минимально допустимое время выбега при прослушивании стетоскопом – 40 с, без стетоскопа – 30 с.

В *системе охлаждения двигателей* контролируют герметичность системы, натяжение ремня привода вентилятора, уровень охлаждающей жидкости в радиаторе, реже – исправность термометра, действие термостата, паровоздушного клапана, радиатора и всей системы в целом.

Проверка натяжения ремней привода вентилятора осуществляют по стреле прогиба под действием усилия в 40Н. Для двигателя СМД-5Н стрела прогиба должна находиться в пределах 5...8 мм.

Диагностическая карта машины при ТО-1 (пример)
(периодичность 50 мото-ч, трудоемкость 3,1 чел.-ч, продолжительность 1,5 ч)

Марка машины ЭО-3323А _____ Номер машины _____
 Год изготовления _____
 _____ ремонта _____
 Вид последнего обслуживания _____ дата его выполнения _____
 Дата технического диагностирования _____ 2010 г.

Объект диагностирования и диагностические параметры	Ед. измерения	Значение параметров				Заключение о тех. состоянии и необходимый вид воздействия
		Номинальное	Допустимое по норме	Фактич. при замере	Фактич. после регулиров.	
1	2	3	4	5	6	7
1. Дизель СМД-15Н Давление масла в главной масляной магистрали	кгс/см ²	2,5	1,5	2,45	–	Работоспособен
Натяжение ремня вентилят.: прогиб ветви под нагрузкой 40 Н	мм	5	8	10	5	Исправен
Температура в системе охлаждения дизеля	°С	80	95	100	85	Работоспособен
2. Электрооборудов. Уровень электролита – выше пластины	мм	15	10	2		Неисправен: долить дистил. воды
Натяжение ремня генератора: прогиб ветви под нагрузкой 40 Н	мм	5	7	10	5	Исправен
3. Пневмосистема Натяжение ремня компрессора: прогиб ветви под нагрузкой 40 Н	мм	5	7	10	5	Исправен
Герметичность пневмосистемы: падение давления воздуха при неработающем двигателе за 15 минут после полного приведения в действие тормозов	МПа	0,01	0,05	0,02	–	Работоспособен
4. Ходовая система Давление воздуха в шинах: переднего моста заднего моста	кгс/см ²	6,5 5	6,0 4,5	5,0 4,0	6,5 5	Исправен

Проверка действия термостата выполняется в снятом состоянии. Подогревая термостат в сосуде с водой, проверяют начало открытия клапана термостата (68...70 °С, допустимо до 75 °С) и полное открытие (83...85 °С, допустимо до 90 °С). Температуру воды в сосуде измеряют контрольным ртутным термометром.

Эффективность действия радиатора системы охлаждения оценивают по перепаду температур охлаждающей жидкости в верхнем и нижнем бачках, этим способом определяют, прежде всего засорение трубок радиатора и образование в них накипи. При нормальных условиях указанный перепад температур составляет 8...10 °С. Можно использовать дифференциальный электротермометр с двумя датчиками (приспособление КИ-8833).

Оценка герметичности системы подачи воздуха возможна одним из двух методов: поиск места подсоса воздуха устройством КИ-4870 (дифференциальный водяной манометр) или перекрытием впускной трубы двигателя, работающего на малой частоте вращения.

При герметичной системе двигатель должен остановиться не более чем Э через 5 с.

Степень засоренности воздушного фильтра оценивается специальным сигнализатором ОР-9928 либо обычным U-образным мановакууметром по разрежению после фильтра. Предельные разрежения после фильтра для двигателей СМД-15Н – 7 кПа.

Регулировка давления начала впрыска может проверяться и при необходимости сразу же корректироваться без съема форсунок с двигателя прибором КИ-9917, а для снятых форсунок, но на двигателе, – с помощью максиметра или эталонной форсунки. Наконец, эта же проверка может быть проведена в отрыве от двигателя на приборе КИ-562.

Качество распыливания топлива форсункой легко проверяется на двигателе (когда давление начала впрыска проверяют максиметром или эталонной форсункой), причем это делается после проверки и регулировки давления начала впрыска. Качество распыливания оценивается на глаз, конус распыливания должен быть туманообразным, однородным, без заметных капелек и струй. Начало и конец впрыска должны быть четкими, подтекание топлива через сопловые отверстия не допускается.

Герметичность форсунки по запирающему конусу распылителя проверяют, создавая в нем давление топлива на 1,5 МПа меньше давления начала впрыска. В течение 20 с на торце корпуса распылителя не должно наблюдаться подтекания топлива.

Форсунки подбирают на стенде в группу (для одного двигателя) по пропускной способности, отклонения по цикловой подаче в пределах одной группы не должны превышать $\pm 1,5\%$. Аналогично проверяют пропускную способность топливопроводов высокого давления.

Для проверки степени засоренности элементов фильтра тонкой очистки измеряют давление до и после фильтра, лучше такую проверку вести при боль-

ших расходах топлива. Элементы фильтра тонкой очистки заменяют при потере давления в фильтре более 0,04...0,05 МПа.

Проверка состояния прецизионных пар ТНВД и его регулировка выполняется на специальных стендах по диагностике топливной аппаратуры (СДТА).

Проверка угла опережения начала подачи топлива плунжерной парой проводится с помощью моментоскопа.

1.5.2. Технология диагностирования трансмиссии и ходовой части

В качестве ресурсного параметра для трансмиссии самоходных машин в настоящее время принят суммарный зазор в кинематической цепи трансмиссии в целом и отдельно в ее узлах (коробка передач, карданная и главная передачи).

Суммарный угловой зазор коробки передач и карданной передачи можно измерить прибором КИ-4813 при выключенной передаче и выключенном стояночном тормозе, но при включенном рабочем тормозе колес. Предельным значением суммарного углового зазора коробки передач является 5...15°, карданной передачи – 5...6°.

Шариковые подшипники трансмиссии заменяют при осевых зазорах свыше 0,5 мм, а роликовые подшипники регулируют при зазоре 0,3 мм.

Для колесных самоходных шасси проверка начинается с контроля свободного хода рулевого колеса. Для этой проверки рекомендуется универсальный прибор К-402. Он включает в себя динамометр для измерения усилия на ободу колеса и прибор для измерения углового зазора свободного хода. Прибор крепится на рулевом колесе, а стрелка на рулевой колонке. Для машин с гидроусилителем рулевого управления проверка производится при работающем двигателе.

Суммарный угловой зазор рулевого колеса при невывешенных передних колесах проверяют при определенном усилии по динамометру прибора.

Видимые зазоры в шаровых шарнирах всех тяг рулевого управления не допускаются.

Проверка ходовой части колесных машин включает в себя следующие операции: проверку состояния шин (изношенность рисунка протектора, расслоение и механические повреждения), давление воздуха в шинах, зазоров в сопряжениях поворотных цапф, подшипниках управляемых колес; проверку и установку углов схождения и развала колес и т. д. Допускаемый зазор в сопряжении поворотная цапфа – втулка составляет 0,4 мм.

Для проверки схождения колес используется линейка модели 2182 (или КИ-650) при установке колес в положение прямолинейного движения. Измеряется расстояние спереди и сзади между ободьями колес в плоскости из оси.

Таблица 3

Продолжение табл. 3

Диагностическая карта машины при ТО-2 (пример)

(периодичность 250 мото-ч, трудоемкость 8 чел.-ч, продолжительность 4 ч)

Марка машины ЭО-3323А _____ Номер машины _____

Год изготовления _____

_____ ремонта _____

Вид последнего обслуживания _____ дата его выполнения _____

Дата технического диагностирования _____ 2010 г.

Объект диагностирования и диагностические параметры	Ед. измерения	Значение параметров				Заключение о тех. состоянии и необходимый вид воздействия
		Номинальное	Допустимое по норме	Факт. при замере	Факт. после регулиров.	
1	2	3	4	5	6	7
1. Дизель СМД-15Н Цилиндропоршн. группа: интенсивность вибрации в шатун. подшип.	м/с ²	3...4	8...10	7...8	–	Работоспособен
Зазор между клапанами и коромыслами (на холодном дизеле)	мм	0,4	0,35	0,3	0,4	Исправен
Колич. газов, прорывающихся в картер (КИ-4887-1)	л/мин	28	60	50	–	Работоспособен
Давление масла в главной масляной магистрали при номинальной частоте вращения (не менее)	кгс/см ²	2,5	1,5	2,4	–	Работоспособен
Натяжение ремня вентилят.: прогиб ветви под нагр. 40 Н	мм	5	8	12	5	Исправен
Температура в системе охлаждения дизеля	°С	80	95	100	–	Неисправен: долив жидкости в систему, замена клапана термостата
Засоренность воздухоочистителя: разрежение после фильтра	кПа	2	3	4	–	Неисправен: очистка (замена) фильтр. элемента
2. Гидросистема Насос 223.25.01.00: – номинальн. давление – суммарная производительность сдвоенного насоса	МПа л/мин	16 330	15,5 320	15,9 329	– –	Работоспособ.

1	2	3	4	5	6	7
Рабочая жидкость ВМГЗ ТУ38.101479-85 1-й катег.: вязкость кинематичес. при 50 °С, не менее при –40 °С, не более температура вспышки в открытом тигле, не ниже плотность при 20 °С	мм ² /с мм ² /с °С кг/м ³	8 1580 135 860	10 1600 140 870	10 1590 137 865	– – – –	Соответствует требованиям
Рабочая жидкость МГ-30 ТУ38.101150-79: вязкость кинематичес. при 50 °С, не менее при –15 °С, не более температура вспышки в открытом тигле, не ниже плотность при 20 °С	мм ² /с мм ² /с °С кг/м ³	27 3800 190 886	33 4000 200 894	30 3900 195 890	– – – –	Соответствует требованиям
Гидроцилиндры: объемный КПД	–	1,0	0,85	0,98	–	Работоспособ.
3. Электрооборудов. Уровень электролита – выше пластины на	мм	15	10	12	–	Работоспособ.
Натяжение ремня генерат.: прогиб ветви под нагр. 40 Н	мм	5	7	10	5	Исправен
Плотность электролита, приведенная к 15 °С для районов с зимней температур. до –30 °С: «лето» «зима»	г/см ³ г/см ³	1,27 1,27	1,18 1,22	1,27 1,25	– –	Исправен Работоспособ.
4. Пневмосистема Натяж. ремня компрессора: прогиб ветви под нагр. 40 Н	мм	5	7	10	5	Исправен
Герметичность пневмосистемы: падение давления воздуха при неработающем двигателе за 15 минут после полного приведения в действие тормозов	МПа	0,01	0,05	0,03	–	Работоспособ.

1	2	3	4	5	6	7
5. Ходовая система						
Давление воздуха в шинах:						
переднего моста	кгс/см ²	6,5	6,0	5,0	6,5	Исправен
заднего моста	см ²	5,0	4,5	4,0	5,0	
Давление в гидросистеме рулев. управления	кгс/см ²	50	47,5	45	50	Исправен

1.5.3. Технология диагностирования гидропневматических систем

Известен способ определения отказа в гидрофицированных машинах, в основу которого положен алгоритм поиска отказа в гидроприводах машин [Н. Г. Гринчар, С. Н. Симонов. – М.: Механизация строительства № 11, 2001, с. 10...14]. С этой целью гидросистему мобильных машин делят на три основных типа подсистем, которые имеют подобную элементную базу в различных гидроприводах. Такими подсистемами являются: приводы вращения рабочих органов с гидромоторами, приводы поступательного действия с гидроцилиндрами, привод выносных опор. Поиск отказа в каждой подсистеме осуществляется в нескольких определенных режимах.

Привод вращения диагностируется: в режимах холостого хода; в клапанном; в диагностическом (специальном); в рабочем.

Привод поступательного движения диагностируется: в режиме холостого хода; в упорном режиме № 1 (шток гидроцилиндра поднят вверх до упора); в упорном режиме № 2 (шток гидроцилиндра опущен вниз до упора); в рабочем режиме (в процессе копания и пр.).

Система привода гидроцилиндрами выносных опор диагностируется: в режиме холостого хода; в упорном режиме № 1 (вверх); в упорном режиме № 2 (вниз).

Для каждой подсистемы предлагается обобщенная блок-схема алгоритма диагностики, в которой на основании контроля параметров на разных рабочих режимах и сопоставления с результатами технического состояния смежных подсистем осуществляется поиск отказа в гидроприводах. Диагностирование начинается с установки в гидропривод технических средств диагностики: датчиков расхода, давления и температуры.

Данный способ приемлем лишь для простых гидроприводов машин, например для гидросистем автокранов, в которых имеются названные подсистемы, и имеет ограничение для более сложных, имеющих четыре и более подсистем, например гидроприводы экскаваторов с гидроуправлением распределителями.

Недостатками способа также являются трудоемкий путь выявления неисправности из-за необходимости проведения большого количества измерений в каждой подсистеме на нескольких режимах испытаний и сопоставления их результа-

та с эталоном, а также необходимость в разрыве гидролиний (не оснащенных быстроразъемными соединениями типа БРС) при производстве замеров, нарушение герметичности гидросистемы и загрязнение рабочей жидкости, попадание в гидросистему воздуха (что требует его последующего удаления для обеспечения нормальной работы гидросистемы).

Следует учитывать, что выявление неисправностей гидропривода достаточно затруднительно, иногда поиск неисправности в гидросистеме машины сопровождается большим объемом сопутствующих разборочно-сборочных работ.

Объемный КПД элементов гидропривода является обобщенной характеристикой их технического состояния и определяет ресурс работы. Предельно допустимые значения объемного КПД для гидроагрегатов отечественных строительных машин, при понижении которых эти гидроагрегаты направляются в ремонт, составляют: шестеренные насосы – 0,65; аксиально-поршневые насосы и гидромоторы – 0,75, гидрораспределители – 0,88, гидроцилиндры – 0,85 и т. д.

Проверка объемной подачи насоса гидросистемы (его основной показатель) выполняется портативным гидротестером, который через соответствующий адаптер подключается к нагнетательному трубопроводу гидросистемы.

После запуска двигателя и прогрева масла в гидросистеме до 45...55 °С устанавливают номинальную частоту вращения приводного вала насоса, измеряют давление и подачу насоса, определяют его объемный его КПД.

В гидронасосах, кроме проверки давления, объемной подачи и КПД, контролируемым параметром также является характеристика насоса (диаграмма мощности), определяющая зависимость давления на выходе от его подачи.

Оценка технического состояния компрессора пневматической системы машины ведется по времени заполнения ресиверов. На средних частотах вращения вала двигателя компрессор должен поднять давление до 0,7 МПа за 3...3,5 мин. Для более точной оценки подачи компрессора (при 2000 об/мин и противодавлении 0,7 МПа – около 220 л/мин) используют прибор 5260М. Одновременно по показаниям манометра оценивают настройку регулятора давления – включение при 0,55±0,02 МПа, выключение при 0,7±0,05 МПа.

Характерная неисправность *гидрораспределителей*, не считая нарушение регулировки их клапанов, – износ поверхностей сопряжения золотника с корпусом, что вызывает утечки жидкости по зазорам золотников, в обратных клапанах и т. д., сопровождаемые также снижением их объемного КПД.

Непосредственно на машине может быть определена суммарная утечка в распределителе с помощью дроссель-расходомера; утечка в элементах распределителя определяется на специальных стендах.

Герметичность соединения *золотник – корпус распределителя* оценивается по утечкам при рабочем давлении.

При максимальной частоте вращения двигателя переводят рукоятку распределителя в положение «Подъем» и удерживают ее в этом состоянии. Гидротестером измеряют его объемный КПД.

Таблица 4

Продолжение табл. 4

Диагностическая карта машины при ТО-3 (ТР)
(периодичность 1000 мото-ч, трудоемкость 23 чел.-ч)

(пример)

Марка машины ЭО-3323А _____ Номер машины _____

Год изготовления _____

_____ ремонта _____

Вид последнего обслуживания _____ дата его выполнения _____

Дата технического диагностирования _____ 2010 г.

Объект диагностирования и диагностические параметры	Ед. измерения	Значение параметров				Заключение о тех. состоянии и необходимый вид воздействия
		Номинальное	Допустимое по норме	Фактич. при за-мере	Фактич. после регули-ров.	
1	2	3	4	5	6	7
1. Дизель СМД-15Н: мощность	кВт	58,82	58,0	58,5	–	Работоспособен
Расход топлива	г/ кВт · ч	252	265	260	–	Работоспособен
Частота вращения коленчатого вала	об/ мин	1800	1780	1750	1800	Исправен
Цилиндрпоршнев. группа: интенсивность вибрации в шатунных подшипниках	м/с ²	3...4	8...10	12...15	–	Неисправен: снятие двигателя с машины, замена вкладышей подшипников
Зазор между клапанами и коромысл. (на хол. дизеле)	мм	0,4	0,35	0,5	0,4	Исправен
Зазор между электродами свечи ПД	мм	0,6	0,75	1,0	0,6	Исправен
Колич. газов, прорывающихся в картер (КИ-4887-1)	л/мин	28	60	80	–	Неисправен: снять с машины двигатель, замена поршневых колец
Компрессия в цилиндрах (разница для цилиндров не должна превышать 0,4 МПа)	МПа	3,0	2,5	1,5	–	Неисправен: снять с машины двигатель, замена поршневых колец
Давление масла в главной масляной магистрали при номинальной частоте вращения (не менее)	кгс/ см ²	2,5	1,5	2,2	–	Работоспособен

1	2	3	4	5	6	7
Выбег ротора центрифуги после остановки дизеля	с	60	40	30	–	Неисправен: снять центрифугу, очистить ротор
Производительность масляного насоса при 1410 ±20 об/мин валика насоса и противодавления 6...6,5 кгс/см ²	л/мин	65	60	60	–	Работоспособен
Момент затяжки гаек крепления головки блока цилиндров	Н · м	220	200	160	220	Исправен (при снятии с машины двигателя не контролируется)
Неплотность клапанов ГРМ (КИ-4887-1): впускных выпускных	л/мин л/мин	15 10	20 15	50 40	– –	Неисправен: снятие головки цилиндров, замена и притирка клапан.
Угол начала открытия впускных клапанов (до ВМТ)	град	17	18	23	17	Исправен
Натяжение ремня вентилят.: прогиб ветви под нагрузкой 40 Н	мм	5	8	12	5	Исправен
Перепад температур охладж. жидкости на входе в радиатор и на выходе из него	°С	10	8	9	–	Работоспособ.
Засоренность воздухоочистителя: разрежение после фильтра	кПа	2	3	5	–	Неисправен: очистка (замена) фильтр. элемента
Производительность ТНВД (ход рейки)	г/мин (мм)	72 (11,0)	70 (10,5)	71 (10,75)	–	Работоспособ.
Неравномерность подачи топлива каждой секцией ТНВД	%	3,0	Не более 5,0	8...9	–	Неисправен: снять и отрегулировать на стенде
Угол начала подачи топлива	град	22 ⁺²	25 ⁺²	18 ⁺²	22 ⁺²	Исправен
Давление впрыска топлива форсункой	кгс/ см ²	175 ⁺⁵	170 ⁺⁵	165	–	Неисправен: регулировка или замена форсунок

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Перепад давлений топлива до и после фильтра тонкой очистки	МПа	0,01	0,02	0,04... 0,05	–	Неисправен: замена фильтрующих элементов
2. Гидросистема Насос 223.25.01.00: – номинальн. давление – суммарная производительность сдвоенного насоса	МПа л/мин	16 330	15,5 320	15,6 323	– –	Работоспособ.
Средняя продолжительность рабочего цикла при работе обратной лопатой	с	16	17	16	–	Исправен
Усадка штоков цилиндров под действ. веса машины за 30 мин: – для цилиндров подъема (опуск.) стрелы и откидных опор Ц-125, – для цилиндров рукояти и ковша обрат. лопаты Ц-140	мм мм	40 40	60 60	50 70	– –	Работоспособ. Неисправен: снять цилиндр в ремонт
Распределитель: ход золотника от нейтрального положения	мм	17	18	17	–	Исправен
Давление срабатывания предохранительных клапанов распределителей: КП-1 КП-2	кгс/ см ²	200 175	195,5 165,5	180 150	200 175	Исправен Исправен
Гидромотор 210.25.13.21: номинальное давление и объемный КПД	МПа –	16,0 0,95	15,7 0,75	16,0 0,87	– –	Исправен Работоспособ.
Гидроцилиндры: объемный КПД	–	1,0	0,85	0,89	–	Работоспособ.

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Фильтры: давление перед фильтром	МПа	0,25	0,3	0,35	–	Неисправен: замена фильтрующих элементов
Рабочая жидкость ВМГЗ ТУ38.101479-85 1-й катег.: вязкость кинематичес. при 50 °С, не менее при –40 °С, не более температура вспышки в открытом тигле, не ниже плотность при 20 °С	мм ² /с мм ² /с °С кг/м ³	8 1580 135 860	10 1600 140 870	10 1590 137 865	– – – –	Соответствует требованиям
Рабочая жидкость МГ-30 ТУ38.101150-79: вязкость кинематичес. при 50 °С, не менее при –15 °С, не более температура вспышки в открытом тигле, не ниже плотность при 20 °С	мм ² /с мм ² /с °С кг/м ³	27 3800 190 886	33 4000 200 894	30 3900 195 890	– – – –	Соответствует требованиям
3. Электрооборудов. Уровень электролита выше пластин на	мм	15	10	13	15	Исправен
Натяжение ремня генерат.: прогиб ветви под нагр. 40 Н	мм	5	7	10	5	Исправен
Плотность электролита, приведенная к 15 °С для районов с зимней температ. до –30 °С: «лето» «зима»	г/см ³ г/см ³	1,27 1,27	1,18 1,22	1,15 1,19	– –	Неисправен: снять АКБ и поставить на зарядку
4. Пневмосистема Натяж. ремня компрессора: прогиб ветви под нагр. 40 Н	мм	5	7	10	5	Исправен

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Давление в пневмосистеме	МПа	0,8	0,7	0,65	0,7	Работоспособ.
Герметичность пневмосистемы: падение давления воздуха при неработающем двигателе за 15 минут после полного приведения в действие тормозов	МПа	0,01	0,05	0,05	–	Работоспособ.
5. Ходовая система Давление воздуха в шинах: переднего моста заднего моста	кгс/ см ²	6,5 5,0	6,0 4,5	6,0 4,7	– –	Работоспособ. Работоспособ.
Давление в гидросистеме рулев. управления	кгс/ см ²	50	47,5	45	50	Исправен
Высота протектора шин	мм	5,0	1,0	3,0	–	Работоспособ.
Угол развала колес	град.	3°30'	2°30'	3°	–	Работоспособ.
Схождения колес (В – А)	мм	5	3	0	5	Исправен
Угол поворота колес: наружный внутренний	град. град.	25 20	22 18	20 10	– –	Неисправен: удалить воздух из гидросистемы рулев. управл.
Осевые зазоры в роликовых подшипниках колес	мм	0,2	0,3	0,5	0,25	Работоспособ.
Радиальные зазоры в шкворневых соединениях	мм	0,25	0,75	1,0	0,5	Работоспособ.
6. Трансмиссия и система управления Суммарный угловой зазор для коробки передач	град.	5	15	10	–	Работоспособ.
Усилия на педали тормоза	Н	250	350	300	–	Работоспособ.
Суммарный люфт рулевого колеса	град.	22	36	25	–	Работоспособ.

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7
Усилия на рулевом колесе при повороте на месте	Н	200	300	200	–	Исправен
Суммарный угловой зазор в подшипниках карданной передачи	град.	5	6	6	–	Работоспособ.
Длина торм. пути при движении на 2-й передаче со скоростью 20 км/ч, не более	м	5,5	6,0	5,8	–	Работоспособ.

Проверяют регулировку предохранительного клапана распределителя, а также давление, при котором происходит автоматический возврат золотника в нейтральное положение. Настройку клапанов на машине производят с помощью манометра или дроссель-расходомера, технология регулировки приводится в инструкциях заводов-изготовителей.

Гидрораспределитель навесной системы машины в общем случае состоит из распределительного, перепускного и предохранительного устройств.

Перепускное устройство при повышении давления в системе свыше допустимого обеспечивает перепуск рабочей жидкости из полости высокого давления сразу в полость низкого давления.

Предохранительное устройство (клапан), ограничивающее максимальное давление рабочей жидкости в гидросистеме, состоит из шарикового предохранительного клапана с пружиной и регулировочного винта. Этот клапан работает совместно с перепускным устройством. Предохранительный клапан ограничивает максимальное давление в гидросистеме p_{\max} , возникающее при резком увеличении силы полезного сопротивления на штоках силовых гидроцилиндров, например при упоре рабочего органа в препятствие.

В каждом из золотников распределителя может быть расположено гидравлическое автоматическое устройство («автомат золотника»), возвращающее золотник в положение «Заперто-нейтральное» из положения «Подъем» и «Принудительное опускание» при повышении давления в гидросистеме.

Максимальное давление в гидросистеме регулируют при температуре масла в баке от 40 до 60 °С. Манометр подсоединяют к трубке, идущей от насоса к распределителю. Предварительно, включив привод насоса, пускают двигатель и, переводя рычаг распределителя из нейтрального положения в положение «Подъем» или «Опускание», удерживают рычаг распределителя в этом положении. Если полученная величина максимального давления не соответствует указанной в заводской эксплуатационной документации, ее регулируют клапаном предохранительного устройства распределителя.

тестером разности расходов от нормативного значения (задаваемого геометрическими размерами его полостей) на входе и выходе цилиндра на этом фоне (то есть внутренние перетечки и снижение объемного КПД цилиндра), зависящее к тому же от перепада давлений в его полостях (в том числе от степени засоренности фильтрующих элементов сливной линии), слабо выражено, трудно контролируемо с учетом погрешности шкалы гидротестера и не всегда достаточно для заключения о работоспособности цилиндра.

Применение портативного гидротестера для нахождения величины объемного КПД цилиндра путем замера действительного расхода жидкости на линии слива, вытесняемой поршнем из штоковой полости, и сравнения его с расчетным значением, имеет следующий недостаток: гидротестер не измеряет объем перетечек в цилиндре, а лишь текущий (относительно кратковременный) расход вытесняемой жидкости, что дает косвенные данные, так как штоковое пространство цилиндра это не гидролиния, а полость, поэтому важен не только расход жидкости через названный прибор, а еще и продолжительность его существования, то есть действительный объем вытесняемой жидкости за один полный рабочий ход штока, нагруженного определенной силой полезного сопротивления.

С целью упрощения поиска неисправности и сокращения трудоемкости работ предлагается методика определения объемного КПД гидроцилиндра (цилиндров), путем сравнения которого с предельно допустимым значением по условию его работоспособности определяется неисправность.

Сущность способа заключается в том, что контроль состояния уплотнения цилиндра производится путем замера давлений в его полостях при работе под нагрузкой (наличие технологического усилия – силы полезного сопротивления на штоке цилиндра обеспечивает объективные данные значений объемного КПД в течение рабочего процесса) с максимальным перепадом давления (например, при давлении срабатывания предохранительного клапана), а последующее нахождение текущего значения объемного КПД цилиндра осуществляется расчетно-графическим методом. Это упрощает процесс испытаний, позволяя использовать лишь манометр, линейку и секундомер, исключает необходимость дорогостоящей диагностической аппаратуры, разрыва гидролиний цилиндра, не оснащенных быстросъемным соединением типа БРС, сокращает трудоемкость и время поиска неисправности, исключает разлив и загрязнение рабочей жидкости, а также попадание в гидросистему машины воздуха.

Предлагаемый способ позволяет испытывать и те цилиндры механизма навески машин, для которых нагрузка штоков собственным весом методом вывешивания машины на рабочем оборудовании при его упоре о грунт неприемлема по конструктивным признакам (цилиндры стрелы автокрана, погрузчика, рабочего оборудования грейдера, ковша скрепера, гидроусилителя рулевого управления катка, пневмоколесного экскаватора и т. д.), что расширяет область его применения. Нагрузка таких гидроцилиндров силой полезного сопротивления может производиться в процессе выполнения рабочих операций при номинальной частоте

вращения приводного вала насоса и определенном давлении рабочей жидкости в прогретой гидросистеме, например путем удержания золотника гидрораспределителя в положении «Опускание» при максимальном давлении, отрегулированном клапаном его предохранительного устройства.

Отличительной особенностью предлагаемого способа испытаний является алгоритм вычисления текущего значения объемного КПД цилиндра и выражение для его определения.

Теоретическое обоснование предлагаемого способа испытания цилиндров механизма навески на машине поясняется схемой, приведенной на рис. 1.

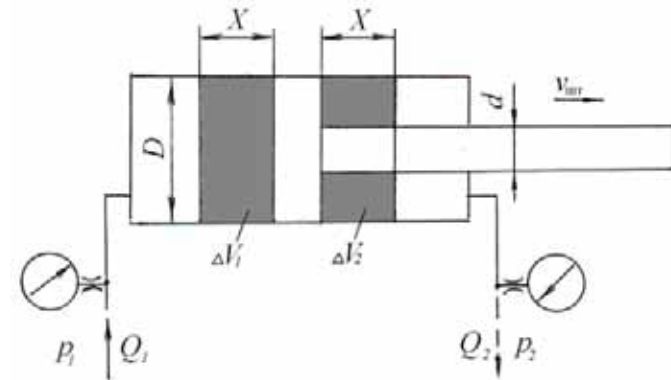


Рис. 1. Способ испытания гидроцилиндров механизма навески на мобильной машине

1. При выдвигании поршня и штока цилиндра на определенную величину хода X за промежуток времени Δt объем и соответственно расход поступающей в поршневую полость рабочей жидкости ΔV_1 и ΔQ_1 больше объема ΔV_2 и расхода ΔQ_2 жидкости, вытесняемой из его штоковой полости:

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= \pi D^2 X / 4 > \Delta V_2 = \pi (D^2 - d^2) X / 4 \\ \text{и } \Delta Q_1 &= \pi D^2 X / 4 \Delta t > \Delta Q_2 = \pi (D^2 - d^2) X / 4 \Delta t. \end{aligned} \quad (13)$$

При этом отношение этих объемов и расходов составит:

$$\Delta V_2 / \Delta V_1 = \Delta Q_2 / \Delta Q_1 = (D^2 - d^2) / D^2 = k < 1,0, \quad (14)$$

где k – постоянная величина, заданная конструкцией гидроцилиндра; отсюда $\Delta Q_2 = k \Delta Q_1$ – величина расхода жидкости в штоковой полости цилиндра.

Таким образом, у исправного цилиндра, при полном отсутствии внутренних перетечек жидкости из поршневой в штоковую полости при его работе, отноше-

ние $Q_2/Q_1 = (D^2 - d^2)/D^2$ есть величина постоянная и заранее легко определяемая. Например, при значениях $D = 0,1$ м и $d = 0,07$ м:

$$k_{ном} = (D^2 - d^2)/D^2 = (0,1^2 - 0,07^2)/0,1^2 = 0,51, \text{ т. е. } Q_2/Q_1 = 0,51.$$

При номинальном значении $k_{ном} = 0,51$ для данного примера величина объемного КПД $\eta_{об.ц}$, учитывающего внутренние перетечки рабочей жидкости между полостями гидроцилиндра, равна 1,0.

Если уплотнение поршня изношено, то дополнительная часть расхода жидкости будет пополнять Q_2 , несколько уменьшая в функции расхода перепад давлений $\Delta p = p_1 - p_2$ и усилие на штоке, преодолевающее силу полезного сопротивления при работе машины, и тогда коэффициент k увеличивается.

То есть, сравнивая действительное отношение расходов Q_2/Q_1 с номинальным, равным в данном примере 0,51, можно сделать заключение о падении его объемного КПД $\eta_{об.ц}$, а при достижении величины коэффициента k критического значения (соответствующего предельному значению $\eta_{об.ц}$) – демонтировать цилиндр с машины для сдачи его в ремонт.

При этом небольшие утечки рабочей жидкости по штоку в виде смазывающей пленки обязательны, иначе наступает граничное или сухое трение кинематических пар цилиндра, что значительно сокращает срок их службы.

2. Величина перетечек между полостями цилиндра, характеризуемая $\eta_{об.ц}$, прямо пропорциональна перепаду давления в них $\Delta p = p_1 - p_2$. Известно, что между давлением p и расходом Q жидкости в гидроприводе нет линейной зависимости. Расход жидкости пропорционален квадратному корню из величины давления: $Q_i = A_i \sqrt{p_i}$, где A_i – коэффициент, определяемый опытным путем.

Опытный коэффициент A_1 для поршневой полости цилиндра механизма навески, например бульдозера на базе трактора Т-130.1.Г-1 тягового класса 10 т, может быть предварительно определен по следующей методике.

Потребная мощность привода насоса вращательного движения для обеспечения одновременной работы двух гидроцилиндров отвала:

$$N_{н} = \Sigma R_{п.с} v_{шт} / \eta_{гм.н} \eta_{гм.ц} = [(77 \cdot 2)0,2] / (0,9 \cdot 0,87) = 39,34 \text{ кВт}, \quad (15)$$

где $\Sigma R_{п.с}$ – заданная технической характеристикой максимальная сумма сил полезного сопротивления на штоках гидроцилиндров (кН) при номинальной частоте вращения $n_N = 1250$ об/мин коленчатого вала дизеля Д-160 (максимальная мощность $N_{e \max} = 117$ кВт); $v_{шт}$ – заданная технической характеристикой скорость выдвигания штоков, м/с; $\eta_{гм.н}$, $\eta_{гм.ц}$ – гидромеханические КПД насоса и цилиндра (принимаются по справочным данным).

При номинальной мощности дизеля для заданных условий работы гидроцилиндров бульдозера коэффициент отбора мощности k_N составит:

$$39,34 \text{ кВт} \cdot 100 \% / 117 \text{ кВт} = 33,62 \% = 0,336.$$

Полезная мощность насоса $N_{п}$ от приводной $N_{н}$ отличается на величину потерь, характеризуемых общим КПД насоса $\eta_o = \eta_r \eta_m \eta_{об.н}$. Для используемых в ба-

зовых тракторах шестеренных насосов их общий КПД η_o можно предварительно принять равным 0,85. Тогда полезная мощность насоса при заданной нагрузке цилиндров составит: $N_{п} = N_{н} \eta_o = 39,34 \cdot 0,85 = 33,44$ кВт.

Частота вращения вала насоса $n_{п}$ при известном передаточном числе его привода ($i = 0,6856$) и номинальной частоте вращения коленчатого вала приводящего его дизеля составит: $n_{п} = 1250/0,6856 = 1823$ об/мин.

Действительная подача установленного на машине насоса НШ-100 с рабочим объемом $V_0 = 98,8$ см³ при предварительно определенном значении его объемного КПД (например $\eta_{об.н} = 0,94$) составит:

$$Q_{н} = 2Q_1 = V_0 n_{п} \eta_{об.н} = 98,8 \cdot 1823 \cdot 0,94 = 169,3 \text{ л/мин} = 0,00282 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Давление, развиваемые насосом НШ-100, при номинальной частоте вращения приводного вала: $p_{ном} = p_1 = N_{п}/Q_{н} = 33,44/0,00282 = 11858$ кПа.

Опытный коэффициент A_1 для каждого из двух цилиндров механизма навески определится как $A_1 = 0,5Q_{н}/\sqrt{p_1} = 0,5 \cdot 169,3/(11858)^{1/2} = 84,65/108,89 \approx 0,78$.

3. Нахождение опытного коэффициента A_2 , позволяющего вычислить расход жидкости Q_2 через штоковую полость с одновременной поправкой на изменение перепада давления в полостях цилиндра в зависимости от перепада давления на входе и выходе магистрального фильтра, осуществляется с использованием опытной зависимости:

$$A_1 \sqrt{p_1} / A_2 \sqrt{p_2} = f(p_1 - p_2). \quad (16)$$

Она позволит находить, как неизвестное, опытный коэффициент A_2 при прочих известных величинах, входящих в это выражение, с учетом изменения перепада давления жидкости в полостях цилиндра, в том числе вследствие различной степени загрязнения фильтрующих элементов линии слива жидкости в процессе эксплуатации гидропривода.

Действительные расходы и соответствующие им давления рабочей жидкости в обслуживаемых полости цилиндра гидролиниях (напорной и сливной) при заданном режиме работы гидропривода предварительно измеряют гидротестером и строят зависимости расхода жидкости от ее давления.

4. Построив для данной группы цилиндров при установившейся температуре в гидролинии опытные зависимости $Q_1 = A_1 \sqrt{p_1}$ и $Q_2 = A_2 \sqrt{p_2}$, достаточно измерить без разрыва гидролинии давления p_1 и p_2 при выдвигании штока и найти по графику величины Q_1 и Q_2 . При этом значение расхода рабочей жидкости в штоковой полости при выдвигании поршня для исправного цилиндра определяется по формуле $Q_2 = A_1 \sqrt{p_1} (D^2 - d^2)/D^2$.

Определив отношение текущих расходов жидкости в полостях цилиндра $Q_2/Q_1 = k$ и сравнив его значение с предельно допустимым $[k]$, принимается решение о снятии цилиндра с машины для сдачи в ремонт.

Пусть отношение $Q_2/Q_1 = 0,7$; тогда $0,7 - 0,51 = 0,19$, перетечки жидкости из поршневой полости в штоковую составят: $0,19 \cdot 100 \% / 0,51 = 37,25 \%$. Значит, объемный КПД цилиндра снизился на $37,25 \%$ и составил:

$$100 \% - 37,25 \% = 62,75 \%,$$

то есть $\eta_{об.ц} \approx 0,63$, что ниже предельно допустимого значения, например $0,85$ (определяются по экономической составляющей путем оптимизации эксплуатационных расходов).

5. Проверку полученного значения объемного КПД можно произвести, измерив скорость движения штока (при его выдвигании и втягивании) и расход жидкости в полостях гидроцилиндра по следующим формулам:

$$\eta_{об.ц} = 0,785 v_1 D^2 / Q_1; \quad (17)$$

$$\eta_{об.ц} = 0,785 v_2 (D^2 - d^2) / Q_2, \quad (18)$$

где v_1 и v_2 – соответственно скорости выдвигания и втягивания штока, м/с.

Сложив выражения (17) и (18) и разделив их на два, получим выражение для нахождения текущего значения объемного КПД $\eta_{об.ц}$ гидроцилиндра по варьируемым факторам расхода жидкости Q_1 , Q_2 и скорости выдвигания штока $v_1 = v_{шт}$. Тогда условие работоспособности гидроцилиндра имеет вид:

$$\eta_{об.ц} = 0,785 v_{шт} [Q_1(D^2 - d^2) + Q_2 D^2] / 2Q_1 Q_2 \geq [\eta_{об.ц}]. \quad (19)$$

После сравнения полученного текущего значения $\eta_{об.ц}$ с предельно допустимым делается заключение о работоспособности гидроцилиндра.

Реализация предлагаемого способа испытания цилиндров механизма подвески мобильных машин без демонтажа осуществляется в следующей последовательности выполняемых операций:

- при отсутствии течи по штоку (при наличии – устранить на месте) включением гидрораспределителя рабочая жидкость попеременно подается несколько раз до ее прогрева из поршневой полости цилиндра (цилиндров) в штоковую и наоборот до достижения расчетной установившейся температуры в гидроприводе. Более нагретая в зоне хода поршня гильза цилиндра косвенно свидетельствует о возможном дросселировании жидкости через уплотнение поршня (по наружной либо внутренней поверхности поршня), поэтому диагностирование начинается с этого (более «теплого») гидроцилиндра;

- при номинальной частоте вращения коленчатого вала дизеля цилиндры механизма навески нагружаются расчетной нагрузкой, например, до давления срабатывания предохранительного клапана распределителя (удерживая рычаг гидрораспределителя в положении «Опускание»);

- замеряются давления p_1 и p_2 при выдвигании штока и по графику находят соответствующие значения расходов Q_1 и Q_2 ;

- вычисляется отношение $Q_2/Q_1 = k$ и сравнивается с ранее рассчитанным допустимым значением $[k]$, после чего принимается решение о демонтаже гидроцилиндра с машины и сдаче его в ремонт.

Предлагаемый способ позволяет упростить технологию испытаний, сократить затраты труда и средств и расширить функциональные возможности.

Отличительной особенностью изложенной методики является возможность в ходе испытаний цилиндра, при положительном заключении о сохранении его работоспособности и продолжении дальнейшей эксплуатации, проведения прогнозирования остаточного технического ресурса цилиндра. Для осуществления прогнозирования необходимо знать величину поля допуска параметра состояния, то есть его номинальное Π_n и предельное $\Pi_{п}$ значения. В качестве номинального значения параметра состояния цилиндра удобно использовать величину, обратную k , то есть $\Pi_n = 1/k = Q_1/Q_2$, для ранее приведенного примера $\Pi_n = 1/0,51 = 1,96$. Предельное значение $\Pi_{п}$ параметра состояния цилиндра определяется допустимым значением его объемного КПД, например для $[\eta_{об.ц}] = 0,8$, то есть $80 \% : 1,96 - 100 \% = \Pi_{п} - 80 \%$, $\Pi_{п} = 1,568$.

По окончании измерения параметра состояния подсчитывается коэффициент технического ресурса по формуле: $P_i = (\Pi_n - P_i) / (\Pi_n - \Pi_{п})$, здесь P_i – измеренное значение параметра состояния. При проведении измерений должно быть установлено время T_i , в течение которого цилиндр работал от начала эксплуатации после изготовления (неремонтировавшиеся цилиндры) или после последнего ремонта, в результате которого было восстановлено номинальное значение параметра ($\eta_{об.ц}$). Первое измерение параметра состояния должно производиться через некоторое время после начала эксплуатации цилиндра. Второе и последующие измерения производятся через некоторый промежуток времени, который определяется состоянием цилиндра, при этом, однако, промежуток времени не должен быть меньше 100 мото-ч. В результате двух измерений получают значения: P_1 – коэффициент технического ресурса при предшествующем измерении; P_2 – коэффициент технического ресурса при текущем измерении; T_1 – наработка цилиндра при предшествующем измерении; T_2 – наработка цилиндра при текущем измерении. Полученные значения округляются до ближайшего табличного значения. По справочным таблицам находится прогноз остаточного ресурса цилиндра.

Пример: пусть при наработке $T_1 = 250$ мото-ч, текущее значение параметра состояния цилиндра $\Pi_1 = 1/k_i = Q_{1i}/Q_{2i} = 1,8$, тогда соответствующий коэффициент технического ресурса цилиндра $P_1 = (1,568 - 1,8) / (1,568 - 1,96) = 0,592$; а при последующей наработке $T_2 = 1000$ мото-ч, текущее значение параметра состояния $\Pi_2 = 1,65$, тогда коэффициент технического ресурса цилиндра $P_2 = (1,568 - 1,65) / (1,568 - 1,96) = 0,209$.

Округляем исходные данные в большую сторону до табличных значений: $P_1 = 0,6$, $P_2 = 0,2$, $T_1 = 300$, $T_2 = 1000$, получаем прогноз $T'_{ост} = 470$ мото-ч.

Округляем исходные данные в меньшую сторону до табличных значений: $P_1 = 0,5$, $P_2 = 0,2$, $T_1 = 200$, $T_2 = 1000$, получаем прогноз $T''_{ост} = 1150$ мото-ч.

Средняя прогнозируемая наработка цилиндра после второго измерения:

$$T_{\text{ост}} = (T'_{\text{ост}} + T''_{\text{ост}}) / 2 = (470 + 1150) / 2 = 810 \text{ мото-ч.}$$

Поверхность штока цилиндра проверяется на наличие забоин, царапин, оледенения. При проверке следует обратить внимание и на другие параметры: непрямолинейность штока допускается не более 0,1 мм на длине 200 мм; на всей длине хода поршень должен свободно перемещаться и поворачиваться без заеданий; поршень должен перемещаться при давлении 0,5...0,7 МПа.

Портативный гидравлический тестер, например РРС-04 в комплекте с датчиками, преобразователями и принтером, предназначен для диагностики гидросистем мобильных машин с рабочим давлением до 35 МПа. Датчики предназначены для измерения: давления, дифференциального давления, расхода, температуры жидкости, а также частоты вращения приводных валов.

Под дифференциальным давлением понимается разность давлений (перепад) между двумя точками гидросистемы. Для измерения дифференциального давления применяются два датчика давления, а прибором РРС-04 при этом производится вычисление дифференциального давления.

Также прибор РРС-04 комплектуется соответствующими адаптерами, предназначенными для подключения датчиков, оснащен пультом управления и жидкокристаллическим дисплеем. Кроме того, прибор оснащен термопринтером. Прибор имеет два входа для подключения разъемов оптических кабелей из стекловолокна, которые соединены с различными датчиками. При подключении датчика прибор автоматически распознает присоединенный к нему датчик, и на дисплее при этом автоматически переключается соответствующая шкала измерения, причем на шкале указываются также и единицы измерения.

Прибор может работать как от сети, так и от аккумуляторной батареи. Он может также комплектоваться дополнительным устройством сопряжения с персональным компьютером и программой записи данных измерений.

Для измерения давления, расхода или температуры рабочей жидкости в контрольных точках гидросистемы следует при помощи соответствующих адаптеров подсоединить датчики давления, расхода и температуры к гидролинии.

Усовершенствованный гидротестер RFIK200 автоматически вычисляет значение объемного КПД и отображает его на дисплее. Полученное значение объемного КПД является результатом измерения расхода рабочей жидкости в зависимости от давления.

В устройстве для подсоединения датчиков и перераспределения потоков при диагностировании гидросистем, содержащем корпус с тремя соединительными патрубками и камерой, в которой размещен поворотный золотник с радиальными каналами для попарного попеременного соединения патрубков, камера выполнена в виде сквозной расточки корпуса и снабжена двумя опертыми на торцы золотника плавающими, уплотненными заглушками, а также двумя ограничителями осевого смещения последних в виде разжимных пружинных колец (Патент RU 2079009 С1, МПК F15B19/00, опубликовано 10.05.1997).

1.5.4. Прогнозирование остаточного технического ресурса

Прогнозирование – один из основных элементов технической диагностики. Основная цель прогнозирования – установление (предсказание) сроков безотказной работы составных частей машины до очередного ТО или ремонта и предотвращение отказов. Многочисленными исследованиями установлено, что рассеивание ресурса одноименных составных частей, скоростей изменения параметров их состояния и других случайных показателей не хаотично, а имеет определенные закономерности. Эти закономерности устанавливаются на основании статистической обработки и анализа данных эксплуатации объектов диагностирования. По полученным результатам устанавливается рациональная периодичность планового обслуживания составных частей машин и решаются задачи прогнозирования их технического состояния.

Различают два вида прогнозирования технического состояния составных частей машин: среднестатистическое и по состоянию изменения параметров составных частей конкретной машины.

Среднестатистическое прогнозирование (по наработке) основано на статистической обработке и анализе средних результатов, полученных в процессе эксплуатации машин, и последующем установлении единых допускаемых значений параметров состояния и единой периодичности обслуживания для одноименных составных частей однотипных машин. При этом исходят из необходимости обеспечения допускаемого уровня безотказной работы и минимума суммарных удельных издержек на ТО и устранение отказов.

Применение среднестатистического прогнозирования требует установления единой периодичности планового ТО для всей совокупности одноименных составных частей однотипных машин, что в значительной мере упрощает планирование и организацию их ТО и ремонта. В этом одно из основных преимуществ такого вида прогнозирования. Его недостатками являются, с одной стороны, неизбежность отказов в результате рассеивания сроков безотказной работы одноименных составных частей однотипных машин, а с другой – возможность значительного недоиспользования ресурса в связи с единой периодичностью обслуживания машин.

Прогнозирование по состоянию изменения параметров основано на выявлении скоростей изменения параметров состояния составных частей машины путем непосредственных измерений их значений и последующей обработки результатов с учетом характера изменения состояния одноименных составных частей. Цель такого прогнозирования – определение остаточного ресурса конкретной машины. Такое прогнозирование дает возможность полнее использовать ресурс составных частей машин, а также повысить их надежность. Однако трудности, связанные с учетом измеряемых значений параметров состояния и обработки результатов измерений, а также с планированием и организацией планового обслуживания машин, не позволяют прогнозировать остаточный ресурс всех составных частей ма-

шины. Вследствие огромного рассеивания ресурсов различных составных частей машин их пришлось бы очень часто останавливать для проверки технического состояния, предупреждения отказов и замены составных частей при самой разнообразной периодичности обслуживания, что экономически невыгодно. При этом потребовался бы дополнительный штат для планирования и учета периодичности обслуживания каждой машины и обработки результатов измерений.

Отсюда следует, что *обслуживание машин в зависимости от технического состояния каждой из них практически неприемлемо*. Поэтому для большинства составных частей применяют *среднестатистическое прогнозирование* их состояния. При этом заранее рассчитывают допускаемые в эксплуатации значения контролируемых параметров и используют их в технологии диагностирования. Полученные данные являются инструктивными для мастера-диагноста, который по результатам измерений дает заключение о состоянии объектов диагностирования и определяет виды воздействий на них, не проводя никаких расчетов. Таким образом, практическое применение среднестатистического прогнозирования заключается в сопоставлении *измеренных* значений параметров состояния объектов диагностирования с *допускаемыми* значениями.

Остаточный ресурс используется полностью при условии достижения к моменту контроля предельного значения параметра, характеризующего техническое состояние объекта диагностирования. В остальных случаях имеет место недоиспользование ресурса или отказ.

Прогнозирование по состоянию изменения параметров рекомендуется применять для таких составных частей машин, срок безотказной работы которых определяет межремонтный ресурс агрегата или машины в целом. К ним относятся дорогостоящие составные части, замена которых требует отправки машины или ее отдельных агрегатов в ремонтную мастерскую или на специализированное ремонтное предприятие, например, блок и КШМ дизеля, ТНВД, муфта сцепления, шестерни и подшипники коробки передач, бортовые фрикционы (муфты поворота), гидронасосы, гидрораспределители и гидроцилиндры и др.

Для осуществления прогнозирования остаточного технического ресурса составной части машины (узла, агрегата и т. д.) необходимо знать величину поля допуска параметра состояния, то есть его номинальное Π_n и предельное $\Pi_{\text{п}}$ значения. По окончании измерения параметра состояния объекта наблюдения подсчитывается коэффициент его технического ресурса по формуле

$$P_i = (\Pi_n - \Pi_i) / (\Pi_n - \Pi_{\text{п}}), \quad (20)$$

здесь Π_i – измеренное значение параметра состояния.

При проведении измерений должно быть установлено время T_p , в течение которого объект работал от начала эксплуатации после изготовления (не ремонтировавшиеся объекты) или после последнего ремонта, в результате которого было восстановлено номинальное значение параметра. Первое измерение параметра

состояния должно производиться через некоторое время после начала эксплуатации объекта, например для экскаватора при первом техническом обслуживании ТО-2 через 250 мото-ч работы. Второе и последующие измерения производятся через некоторый промежуток времени, который определяется состоянием объекта, при этом, однако, промежуток времени не должен быть меньше 100 мото-ч. При каждом следующем измерении уточняется значение прогноза. В качестве первого измерения принимается предшествующее, а в качестве второго – последнее измерение. В результате двух измерений получают значения: P_1 – коэффициент технического ресурса при предшествующем измерении; P_2 – коэффициент технического ресурса при текущем измерении; T_1 – наработка объекта при предшествующем измерении; T_2 – наработка объекта при текущем измерении. Полученные значения должны быть округлены до ближайшего табличного значения. По справочным таблицам находится прогноз остаточного технического ресурса наблюдаемого объекта, т. е. составной части машины.

Рассмотрим прогнозирования остаточного технического ресурса на примере ранее разработанных диагностических карт при выполнении ТО-2 и ТО-3 экскаватора ЭО-3323А (см. табл. 3 и 4).

1. Масляный насос двигателя.

Номинальное и предельное значения параметров состояния: $\Pi_n = 2,5$, $\Pi_{\text{п}} = 1,5$. При наработке $T_1 = 250$ мото-ч, текущее значение параметра состояния насоса $\Pi_1 = 2,4$, тогда соответствующий коэффициент технического ресурса насоса $P_1 = (1,5 - 2,4) / (1,5 - 2,5) = 0,9$; а при последующей наработке $T_2 = 1000$ мото-ч, текущее значение параметра состояния $\Pi_2 = 2,2$, тогда коэффициент технического ресурса насоса $P_2 = (1,5 - 2,2) / (1,5 - 2,5) = 0,7$.

Округляем исходные данные в большую сторону до табличных значений: $P_1 = 0,9$, $P_2 = 0,7$, $T_1 = 300$, $T_2 = 1000$, получаем прогноз $T'_{\text{ост}} = 2740$ мото-ч.

Округляем исходные данные в меньшую сторону до табличных значений: $P_1 = 0,9$, $P_2 = 0,7$, $T_1 = 200$, $T_2 = 1000$, получаем прогноз $T''_{\text{ост}} = 4830$ мото-ч.

Средняя прогнозируемая наработка насоса после второго измерения:

$$T_{\text{ост}} = (T'_{\text{ост}} + T''_{\text{ост}}) / 2 = (2740 + 4830) / 2 = 3785 \text{ мото-ч.}$$

2.1. Гидронасос 223.25.01.00. – по давлению в гидросистеме.

Номинальное и предельное значения параметров состояния: $\Pi_n = 16$, $\Pi_{\text{п}} = 15,5$. При наработке $T_1 = 250$ мото-ч, текущее значение параметра состояния гидронасоса $\Pi_1 = 15,9$, тогда соответствующий коэффициент технического ресурса насоса $P_1 = (15,5 - 15,9) / (15,5 - 16) = 0,8$; а при последующей наработке $T_2 = 1000$ мото-ч, текущее значение параметра состояния $\Pi_2 = 15,6$, тогда коэффициент технического ресурса насоса $P_2 = (15,5 - 15,6) / (15,5 - 16) = 0,2$.

Округляем исходные данные в большую сторону до табличных значений: $P_1 = 0,8$, $P_2 = 0,2$, $T_1 = 300$, $T_2 = 1000$, получаем прогноз $T'_{\text{ост}} = 220$ мото-ч.

Округляем исходные данные в меньшую сторону до табличных значений: $P_1 = 0,8$, $P_2 = 0,2$, $T_1 = 200$, $T_2 = 1000$, получаем прогноз $T''_{\text{ост}} = 300$ мото-ч.

Средняя прогнозируемая наработка насоса после второго измерения:

$$T_{\text{ост}} = (T'_{\text{ост}} + T''_{\text{ост}})/2 = (220 + 300)/2 = 260 \text{ мото-ч.}$$

2.2. Гидронасос 223.25.01.00. – по подаче рабочей жидкости.

Номинальное и предельное значения параметров состояния: $P_n = 330$, $P_n = 320$. При наработке $T_1 = 250$ мото-ч, текущее значение параметра состояния гидронасоса $P_1 = 329$, тогда соответствующий коэффициент технического ресурса насоса $P_1 = (320 - 329)/(320 - 330) = 0,9$; а при последующей наработке $T_2 = 1000$ мото-ч, текущее значение параметра состояния $P_2 = 323$, тогда коэффициент технического ресурса гидронасоса $P_2 = (320 - 323)/(320 - 330) = 0,3$.

Округляем исходные данные в большую сторону до табличных значений: $P_1 = 0,9$, $P_2 = 0,3$, $T_1 = 300$, $T_2 = 1000$, получаем прогноз $T'_{\text{ост}} = 250$ мото-ч.

Округляем исходные данные в меньшую сторону до табличных значений: $P_1 = 0,9$, $P_2 = 0,3$, $T_1 = 200$, $T_2 = 1000$, получаем прогноз $T''_{\text{ост}} = 340$ мото-ч.

Средняя прогнозируемая наработка насоса после второго измерения:

$$T_{\text{ост}} = (T'_{\text{ост}} + T''_{\text{ост}})/2 = (250 + 340)/2 = 295 \text{ мото-ч.}$$

3. Гидроцилиндр.

Номинальное и предельное значения параметров состояния: $P_n = 1,0$, $P_n = 0,85$. При наработке $T_1 = 250$ мото-ч, текущее значение параметра состояния гидронасоса $P_1 = 0,98$, тогда соответствующий коэффициент технического ресурса насоса $P_1 = (0,85 - 0,98)/(0,85 - 1,0) = 0,867$; а при последующей наработке $T_2 = 1000$ мото-ч, текущее значение параметра состояния $P_2 = 0,89$, тогда коэффициент технического ресурса гидронасоса составит: $P_2 = (0,85 - 0,89)/(0,85 - 1,0) = 0,267$.

Округляем исходные данные в большую сторону до табличных значений: $P_1 = 0,9$, $P_2 = 0,3$, $T_1 = 300$, $T_2 = 1000$, получаем прогноз $T'_{\text{ост}} = 250$ мото-ч.

Округляем исходные данные в меньшую сторону до табличных значений: $P_1 = 0,8$, $P_2 = 0,2$, $T_1 = 200$, $T_2 = 1000$, получаем прогноз $T''_{\text{ост}} = 300$ мото-ч.

Средняя прогнозируемая наработка насоса после второго измерения:

$$T_{\text{ост}} = (T'_{\text{ост}} + T''_{\text{ост}})/2 = (250 + 300)/2 = 275 \text{ мото-ч.}$$

1.6. Предпусковой подогрев рабочей жидкости гидропривода

При низких температурах воздуха, в результате увеличения плотности рабочей жидкости, затрудняется ее всасывание насосом из бака, увеличивается гидравлическое сопротивление всасывающего патрубка и понижается абсолютное давление на входе в насос, что приводит, при определенных условиях, к кавитационному режиму и потере работоспособности насоса гидросистемы.

В результате анализа выявлены следующие недостатки известных устройств для предпускового подогрева гидравлического привода машин.

1. Сложность конструкции, высокая стоимость и трудности в эксплуатации теплоаккумулятора на базе эффекта фазового перехода кристаллогидратов гидроксида бария; большая масса теплоаккумулятора, так как по окончании работы

в него помещают всю жидкость гидросистемы; дополнительный насос имеет электропривод, то есть требуется внешний источник напряжения; вызывает вопрос место установки такого устройства массой около 1 т на машине.

2. Теплообменники на тепловых трубах, представляющие собой встроенные в гидробак (вертикальные, запаянные и вакуумированные) медные колбы, заполненные на 30 % объема теплоносителем (ацетоном или спиртом), нижняя часть которых подогревается отработавшими газами двигателя или каталитическим нагревателем, в котором происходит выделение тепла за счет окисления паров бензина на поверхности катализатора, имеют следующие недостатки: нерациональное усложнение конструкции гидробака, содержащего встроенные колбы и оборудование теплообменника с учетом, что подогрев жидкости требуется, как правило, не более месяца в году; возможность смолообразования на поверхности колб и трудности обслуживания такого встроенного устройства; существенное уменьшение вместимости гидробака, что может вызвать перегрев гидросистемы в летний период; повышенное пенообразование (барботаж) и окисление жидкости в баке, сложность и высокая стоимость изготовления, пожароопасность при работе с бензином в условиях высоких температур.

3. Использование электрического нагревательного элемента (спирали) непосредственно в гидробаке машины малоэффективно, так как спираль, накаляясь, покрывается смолообразными продуктами, а нахождение спирали в баке затрудняет ее обслуживание, к тому же есть опасность воспламенения масла от разогретой спирали при снижении его уровня и доступе воздуха.

4. При местном нагреве верхней стенки гидробака подающимся по тепловой трубе потоком отработавших газов двигателя, температура которых достигает $300 \dots 350$ °С и более, возникает вопрос пожарной опасности машины, то есть воспламенения находящейся в контакте с кислородом в верхней части бака рабочей жидкости, так как температура вспышки в открытом тигле марок зимней рабочей жидкости для гидросистем строительных машин составляет, например, °С: М-8В₂ – 200, АУ – 163, ВМГЗ – 135 и т. д.

5. Фильтр на тепловой трубе для отработавших газов будет активно зарастать продуктами неполного сгорания (твердыми частицами – сажей), что требует его частой замены и усложняет эксплуатацию устройства.

6. В некоторых устройствах подогрева насос расположен непосредственно в гидробаке, что не всегда приемлемо для конструкции машин, так как, например, сдвоенный аксиально-поршневой насос типа 223.25 экскаватора имеет сухую массу 320 кг и следующие габаритные размеры (мм): длина – 734, ширина – 582 и высота – 568, то есть его объем – $0,243 \text{ м}^3$, а вместимость гидробака экскаватора составляет, в среднем, 250 л, т. е. $0,25 \text{ м}^3$; также конструктивно невозможна установка насоса и в одном из двух гидробаков бульдозера и т. д.

7. В отличие от экскаваторов второй и третьей размерной групп отечественного производства, экскаваторы четвертой размерной группы, как правило, оснащены двухдисковой муфтой сцепления привода гидронасоса, служащей для про-

крутки вала насоса зимой на пониженной частоте вращения вала дизеля. Однако, как показывает опыт эксплуатации, при температуре воздуха ниже минус 40 °С такая прокрутка неэффективна и может вызвать поломку насоса.

8. В названных экскаваторах имеется приводимый от дизеля шестеренный насос вспомогательной гидросистемы с механизмом его включения, служащий для заправки системы из емкости. Инструкцией по эксплуатации предписано использование его для предпускового разогрева рабочей жидкости при низких температурах воздуха, путем перекачки ее из гидробака в гидробак до запуска основного насоса. Учитывая удаление этого насоса от гидробака (приводится от шестерен распределения дизеля, т. е. расположен на максимальном удалении от гидробака) и сравнительно небольшой диаметр его всасывающего трубопровода, можно заключить, что если неработоспособен основной насос, расположенный непосредственно под баком и питаемый коротким патрубком значительно большего диаметра, то вспомогательный насос тем более.

Таким образом, актуальной является задача создания простого и надежного устройства предпускового подогрева гидравлического привода машины в полевых условиях при отрицательных температурах окружающей среды.

Работоспособность насоса при зимнем пуске определяется допустимым давлением в его всасывающей камере (шестеренного – 0,08 МПа, аксиально-поршневого – 0,07 МПа). При температурах ниже –40 °С и загустевшей рабочей жидкости во всасывающей камере аксиально-поршневого насоса возникает такое разрежение, которое может привести к разрушению его качающего узла.

Возможными решениями, направленными на улучшение условий пуска насоса, являются: увеличение давления на поверхности жидкости в гидробаке; применение отрицательной высоты всасывания; уменьшение скорости всасывания жидкости за счет увеличения диаметра всасывающего трубопровода; снижение местных сопротивлений на участке всасывания и уменьшение его длины, а также подогрев рабочей жидкости для уменьшения ее вязкости.

Таким образом, пуск насоса зависит от эффективности подогрева объема рабочей жидкости в районе его всасывающего патрубка (всасывающей камеры). После запуска насоса дальнейший прогрев системы осуществляется за счет тепла, выделяемого при дросселировании циркулирующей жидкости.

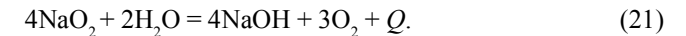
Предлагаемое устройство предпускового подогрева гидравлического привода машины, содержащее контур циркуляции газового теплоносителя, отличается тем, что его гибкий теплоизолированный металлорукав соединен с входным патрубком полый теплоизолированной камерой, установленной на период прогрева верхней металлической поверхностью без теплоизоляции (посредством специальных направляющих) снаружи на поверхности днища гидробака в области всасывающего патрубка насоса; при работе устройства выпускной патрубок камеры соединен подобным металлорукавом с атмосферой.

В качестве теплогенератора может быть применена тепловентиляционная установка, использующая тепло, выделяемое при сгорании распыляемого форсункой топлива, или двигатель внутреннего сгорания.

Кроме того, для облегчения пуска насоса гидросистемы с открытым баком предлагается осуществить избыточное давление на свободной поверхности жидкости в гидробаке с использованием, например, ресивера пневмоколесной машины. При этом сапун из верхней крышки бака выворачивается и на его место вворачивается вентиль, изолирующий бак от атмосферы, через который и осуществляется подача сжатого воздуха в бак, давление которого контролируется по манометру и может при пуске насоса в 1,2...1,5 раза превышать атмосферное. После пуска насоса давление в гидробаке посредством вентиля выравнивается с атмосферным, затем на свое место вновь устанавливается сапун.

Устройство предпускового подогрева является легкоъемным и устанавливается по специальным направляющим в виде уголков (приваренных к опорным стойкам или прямо к днищу гидробака) непосредственно под его днищем в районе впускного патрубка, в пространстве между баком и находящимся под ним насосом. Оба однотипных гибких металлорукава и все поверхности тепловой камеры названного устройства, кроме верхней, обращенной к днищу гидробака и плотно к нему прилегающей, для исключения потери тепла и ожога работающих лиц должны быть теплоизолированы шнуровым и листовым асбестом, а также покрыты сверху теплоизолирующей тканью.

Для периодической очистки внутренней поверхности стенок металлорукавов и тепловой камеры от частиц несгоревшего топлива в состав проходящих через него отработавших газов может вводиться мелкодисперсная надперекись натрия NaO_2 , при этом происходит ее активная реакция с содержащейся в отработавших газах водой с выделением тепла по формуле:



Выделившийся в процессе реакции кислород окисляет (дожигает) осевшую на внутренних стенках устройства сажу и они очищаются.

Предлагаемое устройство позволяет упростить конструкцию и работу, как следствие – повысить надежность, снизить расходы на изготовление и эксплуатацию, а также расширить диапазон использования применительно к гидросистемам разномарочных машин, в том числе используя устройство и для подогрева масла в картерах двигателя и трансмиссии машин (например, в ведущих мостах, бортовых редукторах и т. д.) при низких температурах воздуха, что позволит решать проблему запуска машины в комплексе. В последнем случае тепловая камера устройства может быть закреплена на тележке и устанавливаться при прогреве в нужном месте под картером элемента трансмиссии машины.

Принципиальная схема предлагаемого устройства приведена на рис. 2.

Устройство для предпускового подогрева гидравлического привода строительной машины состоит из компрессора 1, подающего сжатый воздух в ресивер 2, снабженный штатным вентилем 3 и сообщающийся посредством дополнительного вентиля 4, ввернутого на период подогрева рабочей жидкости в резьбовое

отверстие верхней крышки гидробака 5 вместо сапуна, с наджидкостной полостью гидробака, абсолютное давление воздуха P_v в которой контролируется посредством манометра 6. Днище гидробака дополнительно снабжено двумя горизонтальными направляющими 7 в форме уголков, по которым, непосредственно под днищем гидробака в районе впускного патрубка 8 насоса 9, устанавливается тепловая камера 10 заявляемого устройства. Она плотно прилегает своей верхней металлической нетеплоизолированной поверхностью снаружи к днищу гидробака в пространстве между гидробаком и находящимся непосредственно под ним (или рядом с ним) насосом и занимает место от края днища до впускного патрубка насоса. При запуске насос подает рабочую жидкость в гидросистему (с нейтральным положением золотников гидрораспределителей) по отводу 11. Механический привод насоса осуществляется от теплового двигателя 12 с возможностью включения или отключения насоса посредством специальной муфты. Выпускной трубопровод теплового двигателя может быть соединен посредством двухходового крана управления 13 с атмосферой или с впускным гибким теплоизолированным металлоукавом 14 данного устройства, сообщенным, в свою очередь, с входным патрубком вышеназванной тепловой камерой устройства. Выходной патрубок тепловой камеры соединен с выпускным теплоизолированным металлоукавом 15, имеющим возможность связи с атмосферой. Температура нижнего слоя рабочей жидкости в гидробаке контролируется термометром 16.

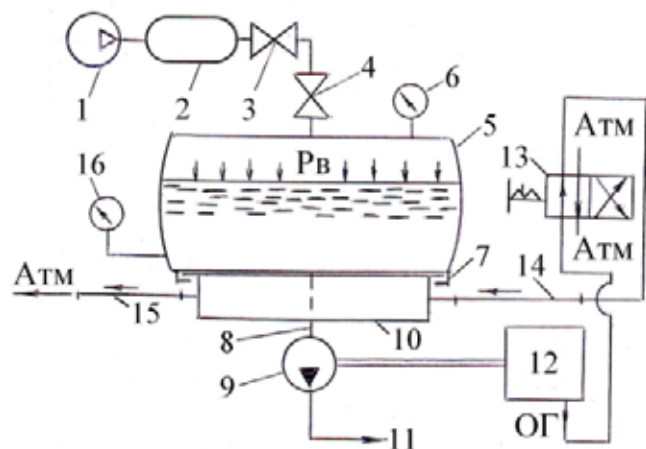


Рис. 2. Схема устройства предпускового подогрева гидравлического привода машины

Устройство для предпускового подогрева гидравлического привода машины работает следующим образом. При низкой температуре окружающего воздуха перед пуском насоса 9 производится предварительный наружный прогрев нижнего слоя рабочей жидкости через днище гидробака 5 в районе впускного патрубка 8

насоса посредством предлагаемого устройства. Для этого тепловые газы от теплогенератора (двигателя внутреннего сгорания 12 запускаемой машины, подвижного средства технического обслуживания и ремонта или тепловентиляционной установки, использующей тепло, выделяемое при сгорании распыляемого форсункой дизельного топлива) подаются через двухходовой кран 13 во впускной гибкий металлоукав 14 предварительно установленной по направляющим 7 под днищем гидробака тепловой камеры 10. Для ускоренного прогрева тепловой камеры ее гибкий выпускной металлоукав 15 может быть изогнут под некоторым углом либо частично или временно полностью перекрыт дополнительной заслонкой. Тепло передается от металлической крышки камеры 10 через днище бака нижним слоям рабочей жидкости, затем, в результате конвекции поднимается к верхним слоям жидкости. Тепловые газы, проходя через тепловую камеру 8, отводятся по гибкому выпускному металлоукаву 15 в атмосферу. Гидробак 5 изолируется от атмосферы путем вворачивания в резьбовое отверстие его верхней крышки вместо снятого сапуна дополнительного вентиля 4. По мере прогрева рабочей жидкости в районе впускного патрубка насоса в наджидкостную полость изолированного от атмосферы гидробака подается от питаемого компрессором 1 ресивера 2 давление воздуха. Величина абсолютного давления воздуха в изолированном от атмосферы гидробаке регулируется расходом поступающего воздуха путем частичного открытия вентилей 3, 4 и может превышать атмосферное давление в 1,2...1,5 раз.

Конструкция тепловой камеры дополнительно изображена на рис. 3 (затемнены теплоизолированные поверхности).

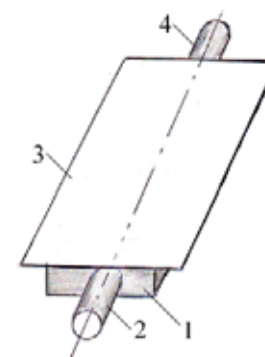


Рис. 3. Тепловая камера устройства предпускового подогрева

Тепловая камера состоит из полого теплоизолированного короба 1 с односторонними, также теплоизолированными, входным 2 и выходным 4 патрубками, служащими для последующего подсоединения к ним гибких односторонних впускного и выпускного теплоизолированных металлоукавов (на рис. 2 не показаны). Верхняя металлическая теплоизлучающая поверхность 3 камеры служит для пе-

редачи тепловой энергии днищу гидробака в районе впускного патрубка. Одновременно выступающая за края тепловой камеры часть этой поверхности сопрягается с направляющими уголками днища бака и служит для удержания рассматриваемого устройства предпускового подогрева гидропривода под днищем бака на этих направляющих.

Схема устройства позволяет значительно упростить конструкцию и работу, как следствие – повысить надежность, снизить расходы на изготовление и эксплуатацию, а также расширить диапазон использования применительно к гидросистемам разномарочным машинам, в том числе используя устройство и для подогрева масла в картерах двигателя и трансмиссии машин (например, в ведущих мостах, бортовых редукторах и т. д.) при низких температурах воздуха.

В последнем случае тепловая камера устройства может быть закреплена на тележке и устанавливаться при прогреве в нужном месте под картером элемента трансмиссии машины. На взгляд автора эффективных инвентарных средств подогрева масла в картерах трансмиссий строительных машин и автотранспорта в полевых условиях в настоящее время не существует, хотя при их зимнем пуске в условиях значительно низких температур (от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже) эта задача является весьма актуальной, а иногда имеет решающее значение.

1.7. Ремонт элементов гидропривода машин подвижными средствами

В процессе эксплуатации современной строительной техники, оснащенной гидроприводом, большое значение уделяется технологии обнаружения и устранения его характерных неисправностей. Это обстоятельство связано с тем, что операции поиска неисправности и ее устранения силами специализированной бригады подвижного средства в условиях строительной площадки, как правило, отличаются сложностью, высокой трудоемкостью, необходимостью применения грузоподъемного оборудования и большими потерями рабочего времени.

Постоянное совершенствование конструкции и усложнение гидравлического оборудования мобильных машин усложняет поиск неисправности гидросистемы и требует применения технических средств измерения диагностических параметров, прежде всего таких, как расход рабочей жидкости, ее давление (в том числе перепад давления на сливном фильтре) и температуру.

При обслуживании гидрооборудования производится диагностирование и определяется его остаточный ресурс. Однако это не исключает возможности внезапных отказов, что требует сил и средств по их оперативному устранению.

Требуется соответствующее оборудование и оснащение подвижного средства, высокий уровень подготовки слесарей-ремонтников и отработанная технология выявления и устранения неисправностей элементов гидропривода.

Ремонт наиболее сложных элементов гидропривода (гидронасосов, гидромоторов и др.), требующих высокой квалификации ремонтников, специального оборудования и оснащения, организовывается в ремонтных мастерских или на заво-

дах-изготовителях. Появление в последние десятилетия большого количества разномарочной строительной техники зарубежного производства, а также значительного количества небольших фирм-владельцев строительных машин затрудняет проведение подобного ремонта. Во многих случаях агрегаты не ремонтируются, а заменяются на новые или работоспособные из оборотного фонда, что требует создания их запаса и повышает стоимость эксплуатации машин.

Однако значительная доля неисправностей гидросистемы может быть устранена на месте, то есть на строительной площадке. В любом случае поиск неисправности, демонтаж (монтаж), разборочно-сборочные, регулировочные и другие работы при устранении отказа агрегата или узла гидрооборудования машины выполняются силами подвижного средства текущего ремонта.

Таким образом, в современных условиях эксплуатации строительных машин предпочтительным является применение агрегатного метода их ремонта непосредственно в местах эксплуатации посредством подвижных средств.

В качестве примера можно привести организацию технического обслуживания и ремонта строительных машин путем замены агрегатов в полевых условиях с применением передвижных мастерских, принятую на БАМе, где также эксплуатировалось значительное количество зарубежной техники. При работе использовались фирменные портативные гидравлические тестеры, осуществляющие диагностику гидросистем по уровню давления и расхода рабочей жидкости в контрольных точках соответствующих элементов. С учетом выполнения ремонта машины в условиях строительной площадки, где нет возможности использовать ремонтную базу предприятия, необходимо особенно тщательно заранее предусмотреть все особенности производства работ.

Следует учитывать, что выявление неисправностей гидропривода затруднительно, иногда поиск неисправности в гидросистеме машины сопровождается большим объемом сопутствующих разборочно-сборочных работ. Трудоемкость устранения отказов насосов, распределителей, гидроцилиндров составляет более половины от общего объема работ по устранению отказов гидропривода, что объясняется главным образом трудностью установления неисправности.

Контролируемым параметром для всасывающей и напорной гидролиний является, прежде всего, их герметичность, а для линейных фильтров – перепад давления на фильтроэлементе и давление срабатывания переливного клапана.

Выход из строя шестеренных насосов, как правило, происходит из-за износа торцовых поверхностей опорных втулок и шестерен, а также износа внутренних цилиндрических поверхностей корпуса, в большей степени со стороны всасывающей полости. При этом наблюдается снижение объемного КПД насоса.

В аксиально-поршневых насосах (моторах) отказы в основном наступают по причине снижения объемного КПД, наступающего в результате износа поверхностей сопряжения торцового распределителя и поршней с блоком цилиндра.

В регулируемых насосах и гидромоторах, кроме объемного КПД, также контролируемым параметром является характеристика регулирования, определяющая зависимость подачи от давления на выходе.

Основной причиной отказа гидроцилиндров является износ уплотнений поршня и штока, что также характеризуется снижением их механического и объемного КПД (наружные утечки и внутренние перетечки рабочей жидкости).

Основная неисправность секционных и моноблочных распределителей, не считая нарушения регулировки их клапанов, – износ поверхностей сопряжения золотника с корпусом, что вызывает утечки жидкости по зазорам золотников, в обратных клапанах и т. д., сопровождаемые также снижением объемного КПД.

Контролируемыми параметрами для блоков гидравлического управления является плавность и диапазон регулирования давления; для блоков питания гидравлического управления – давление зарядки газовой полости гидропневмоаккумулятора и герметичность обратного клапана; для гидрозамков – давление управления запорным элементом и внутренние перетечки рабочей жидкости.

Таким образом, объемный КПД элементов гидропривода, учитывающий перетечку рабочей жидкости из полости с более высоким давлением в полость с низким давлением за счет механического износа трущихся пар, является обобщенной характеристикой их технического состояния. То есть ресурс гидропривода строительных машин существенно зависит от величины его объемного КПД. Значит, для насосов, гидроцилиндров и распределителей при поиске неисправности на машине должны быть разработаны и внедрены способы и средства эксплуатационной диагностики их технического состояния, в которых основным критерием выбраковки является значение объемного КПД.

Предельно допустимые значения объемного КПД для гидроагрегатов отечественных строительно-дорожных машин, при понижении которых эти гидроагрегаты направляются в ремонт, составляют: шестеренные насосы – 0,6; аксиально-поршневые насосы и гидромоторы – 0,75, гидрораспределители – 0,88.

Следует учитывать, что при заводском ремонте насосов изменяется их объемная постоянная, то есть рабочий объем. Например, при ремонте аксиально-поршневых насосов вследствие износа гильз цилиндров поршни доводятся до большего диаметра. Это увеличивает объемную постоянную и производительность насоса и ведет к перегрузке приводного двигателя. Если действительная объемная постоянная насоса неизвестна (не занесена в паспорт отремонтированного насоса), то по измеренному значению объемного КПД можно сделать неверное заключение о необходимости замены узла.

Рассмотрим характерные неисправности гидропривода экскаваторов и бульдозеров, которые могут быть устранены силами подвижных средств.

Неисправность 1. Рабочий орган экскаватора движется медленно или не движется совсем (отсутствует подворот рукояти и подъем стрелы при заполненном ковше).

Вероятные причины и порядок устранения.

1. Перегрев рабочей жидкости: проверить положение ручки крана включения калорифера рабочей жидкости (калорифер включен при горизонтальном положении ручки), во избежание возникновения чрезмерно высокого давления в сливной

магистральной запрещается переключать кран при работающем двигателе; проверить уровень рабочей жидкости в баке; при необходимости прочистить сапун на баке рабочей жидкости; проверить состояние поверхности калорифера; проверить состояние фильтров гидросистемы и при необходимости заменить новыми; проверить давление в сливной магистральной и при необходимости отрегулировать (заменить) подпорный клапан в кране калорифера; отрегулировать предохранительные клапаны, исключив их частое срабатывание.

Не допускать, чтобы штоки цилиндров при работе экскаватора доходили до упора в крайнем положении, а также перегрева рабочей жидкости выше 70 °С.

Рабочая жидкость перед заправкой должна храниться в чистой опломбированной таре и иметь сопроводительные документы о ее соответствии техническим условиям. Контролировать, чтобы залитая в систему рабочая жидкость соответствовала требованию инструкции по эксплуатации и сезону.

2. Нарушение герметичности всасывающего трубопровода: проверить всасывающий трубопровод.

3. Разрегулированы предохранительные клапаны: порядок регулировки – согласно заводской инструкции по эксплуатации экскаватора.

4. Неисправны уплотнения гидроцилиндров: осмотреть шток, подать рабочую жидкость в штоковую полость соответствующих гидроцилиндров, при наличии течи жидкости по штоку – вышло из строя уплотнение штока или (и) повреждена поверхность штока (возможен также изгиб штока).

Порядок устранения.

4.1. Снять цилиндр с машины (можно только отсоединить сферический подшипник штока от проушины рабочего органа) и разобрать согласно инструкции по эксплуатации, соблюдая требования к чистоте рабочего места (не допускать попадания абразивных частиц на рабочие поверхности цилиндра).

4.2. Проверить поверхность штока, при обнаружении забоин, царапин и неисправностей – устранить. Уплотнения штока заменить.

При отсутствии течи по штоку проверить гидроцилиндры стрелы на нагрев гильзы путем попеременной подачи рабочей жидкости из поршневой полости в штоковую и наоборот. Более нагретая гильза цилиндра свидетельствует о наличии дросселирования жидкости через уплотнения поршня (по наружной, либо внутренней сопрягаемым поверхностям).

В этом случае операции по замене уплотнений выполняются после снятия цилиндра с машины в стационарной ремонтной мастерской.

При отсутствии такой возможности, как исключение, можно устранить неисправность цилиндра непосредственно на машине.

Порядок устранения.

4.3. Отсоединить сферический подшипник штока от проушины рабочего органа и разобрать согласно инструкции по эксплуатации, не допуская попадания абразивных частиц на рабочие поверхности цилиндра.

4.4. Заменить манжетное уплотнение на наружной поверхности поршня.

4.5. Заменить уплотнительное кольцо на внутренней поверхности поршня (штоке). Собрать гидроцилиндр и установить на машину согласно инструкции.

Для установки цилиндра стрелы на машину необходимо: застропить цилиндр, завести в проушину поворотной рамы, установить шайбы и вставить ось; установить шайбу упорную к оси и закрепить двумя болтами с пружинными шайбами; завести проушину штока на штоковую ось стрелы и закрепить; отстропить цилиндр.

5. Неисправны секции распределителя, управляющие стрелой и рукоятью: установить золотник в нейтральное положение; проверить затяжку шпилек на секционном распределителе (шпильки затягиваются динамометрическим ключом с моментом $20 \text{ кгс} \cdot \text{м}$ в порядке, указанном в инструкции), превышение момента затяжки может привести к заклиниванию золотников; проверить ход золотника (например, не менее 17 мм), при необходимости отвернуть болты и снять стакан секции, подвернуть хвостовик до упора; проверить состояние пружин рабочей секции, при необходимости заменить; вывернуть перепускные клапаны рабочих секций подъема-опускания стрелы и подворота-отворота рукояти, разобрать их и проверить состояние клапана и седла; при необходимости заменить перепускной клапан; отвернув крепежные болты, снять крышку, грязесъемник и две шайбы золотника; проверить состояние резиновой манжеты, установленной в выточках корпуса и служащей для уплотнения золотника.

При необходимости разобрать секционный распределитель в мастерской или, как исключение, в фургоне подвижного средства и заменить резиновые уплотнительные кольца на бандажах, уплотняющие стыки всех секций распределителя. При сборке проверить момент затяжки резьбовых сопряжений.

При снятии распределителя с машины отсоединяемые от него рукава высокого давления закрываются пробками. До монтажа входные отверстия трубопроводов также должны закрываться пробками. Чистота трубопроводов проверяется путем протягивания тампона через трубу, тампон должен быть чистым.

6. Неисправен двоярный насос: по шупу, ввернутому в одну из пробок редуктора, проверить наличие рабочей жидкости для смазки трущихся поверхностей; проверить герметичность линий насоса, при необходимости удалить воздух, устранить засорение или вмятины на дренажном трубопроводе, заменить манжетное уплотнение или дренажный трубопровод; проверить давление, развиваемое секциями насоса при исправных (отрегулированных) гидрораспределителях; в случае периодического падения давления в насосе при повышении температуры рабочей жидкости проверить состояние торцового уплотнения с резиновыми уплотнительными кольцами секций А и Б насоса и при необходимости заменить уплотнительные кольца.

Потеря работоспособности насоса также наступает зимой, когда расчетная температура среды для применяемой рабочей жидкости ниже пусковой и давление во всасывающем трубопроводе насоса ниже предельно допустимого по условию его работы (для аксиально-поршневых насосов – 0,07 МПа).

При пуске насоса в холодное время года в экскаваторах, оснащенных муфтой сцепления между дизелем и насосом, перед включением муфты нужно при малой угловой скорости двигателя повернуть несколько раз вал насоса путем неполного включения сцепления. В этом случае также рекомендуется, до включения в работу насоса, предварительный подогрев рабочей жидкости в баке.

Если при исправных гидрораспределителях не удается добиться требуемого давления в секциях А и Б насоса, то его демонтируют и подвергают ремонту в условиях ремонтной мастерской или специализированных предприятий.

В условиях мастерских обычно производится замена подшипников, поршневой группы и притирка распределителей насоса к сфере блока цилиндров.

После сборки и испытания насос устанавливается на машину.

7. Неисправности центрального коллектора проявляются сравнительно редко. В случае течи жидкости из-под фланца угольника коллектора заменить резиновое уплотнительное кольцо и подтянуть болты крепления угольника; при течи жидкости между секциями – заменить вышедшую из строя манжету (при этом центральный коллектор отправляется на ремонт в мастерскую, все его подводы и отводы закрываются технологическими пробками).

8. Очень трудные условия работы экскаватора.

К таким условиям можно отнести работу экскаватора на мерзлых грунтах, грунтах выше четвертой категории, а также при высоких температурах воздуха. В последнем случае решающим фактором является эффективность работы системы охлаждения рабочей жидкости гидропривода.

Неисправность 2. Отвал бульдозера не поднимается.

Вероятные причины: залитая в систему рабочая жидкость не соответствует в том числе сезону эксплуатации; выключена зубчатая муфта привода насоса; перегрев масла в гидросистеме; нарушена герметичность всасывающего трубопровода (пена в баке); неисправны гидроцилиндры (потеря объемного КПД; неисправен гидрораспределитель, в том числе разрегулирован его предохранительный клапан или неисправна дренажная трубка от распределителя к сливной трубе (самовключение золотника); неисправен гидронасос или его привод.

Снятый с машины гидронасос проверить на стенде (КИ-4200 и др.).

Причиной отказа насоса в зимнее время может также явиться температура среды ниже пусковой, что вызывает повышение плотности жидкости и понижение абсолютного давления во всасывающем трубопроводе ниже предельно допустимого по условию его работы (для шестеренных насосов – 0,08 МПа).

Порядок устранения неисправностей.

1. Перегрев масла в системе: проверить уровень масла в баке (уменьшение уровня масла ниже середины смотрового стекла недопустимо), прочистить сапун; уточнить, какое масло залито в гидросистему; при необходимости заменить фильтрующие элементы, промыть или заменить перепускной клапан; используя ЗИП бульдозера (манометр, два переходника и рукав высокого давления), отрегулировать предохранительный клапан гидрораспределителя согласно заводской инструкции. Проверить ход золотника распределителя.

При необходимости снять распределитель с машины и отправить в ремонт, как исключение, секционный распределитель можно разобрать в фургоне подвижного средства и проверить его техническое состояние.

Перегрев масла в системе также наступает при работе машины в затрудненных условиях: значительные нагрузки, высокая интенсивность работ, высокая температура окружающей среды.

2. Неисправны гидроцилиндры: создать давление в штоковой полости и проверить течь масла по штоку; попеременно подавая масло в поршневую и штоковую полости, найти цилиндр, в котором температура в зоне хода поршня выше (дресселирование по наружной поверхности поршня).

Неисправный гидроцилиндр частично демонтировать (отсоединив шток от рабочего органа машины), разобрать и заменить уплотнения поршня и штока (не допуская попадания абразивных частиц на рабочие поверхности).

Эти операции лучше выполнять после отправки снятого с машины неисправного гидроагрегата в стационарную ремонтную мастерскую.

Как видно из перечня выполняемых ремонтных работ, они обладают повышенной сложностью, трудоемкостью и требуют соответствующей подготовки специалистов, рабочих, а также оборудования, приспособлений и инструмента.

Учитывая всю сложность организации работ по ремонту разномарочных строительных и дорожных машин в полевых условиях, вопрос изложения примерной технологии ремонта рассматриваемых элементов гидропривода, является актуальным.

Порядок выполнения работ должен быть представлен по операциям в виде технологической карты с указанием инструмента, приспособлений, контролируемых параметров, мест строповки, количества задействованных ремонтников, а также правил техники безопасности при производстве работ.

Издание для обслуживающего персонала учебно-методических рекомендаций по ремонту гидрооборудования названных машин (в том числе в виде учебного фильма) позволит повысить технический уровень их эксплуатации.