Бардышев О.А., Репин С.В.,

Евтюков С.А., Алексеенко Е.В.

Техническая эксплуатация транспортно-технологических машин строительства на Севере



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»
(СПбГАСУ)

Кафедра наземных транспортно-технологических машин

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН СТРОИТЕЛЬСТВА НА СЕВЕРЕ

Монография

Электронное текстовое издание

Санкт-Петербург
Наукоемкие технологии
2026

© Коллектив авторов, 2026
© ФГБОУ ВО «СПбГАСУ», 2026
ISBN 978-5-00271-107-9

УДК 69.002.5:658.58[621.87]
ББК 38.6-44
Т38

Авторы:
О. А. Бардышев, С. В. Репин, С. А. Евтюков, Е. В. Алексеенко

Рецензенты:
А. Е. Пушкарев, доктор технических наук, профессор (СПбГАСУ);
Ю. И. Молев, доктор технических наук, профессор (НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Т38 Техническая эксплуатация транспортно-технологических машин строительства на Севере [Электронный ресурс]: монография / О. А. Бардышев, С. В. Репин, С. А. Евтюков, Е. В. Алексеенко. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2026. – 434 с. – URL: https://publishing.intelgr.com/archive/Tekhnicheskaya-ekspluatatsiya-transportno-tekhnologicheskikh-mashin-stroitelstva-na-Severe.pdf.

ISBN 978-5-00271-107-9

В монографии рассматриваются теоретические и практические вопросы обеспечения работоспособности транспортно-технологических машин строительства в северных условиях.

Показано влияние северных факторов на техническое состояние машин, проанализированы требования к технике северного исполнения, состояние и формирование парков.

Описаны особенности технического обслуживания, диагностики и ремонта, включая анализ передвижных и стационарных мастерских.

Разработаны подходы к определению пропускной способности и размещению мобильных ремонтных цехов при строительстве линейных объектов.

Представлен опыт внедрения автоматизированной системы планирования ТО и ремонтов.

Монография подготовлена на кафедре НТТМ СПбГАСУ и адресована специалистам, студентам и аспирантам.

Табл. 23, Ил. 107, библиогр. 100 назв., 434 с.

УДК 69.002.5:658.58[621.87]
ББК 38.6-44

ISBN 978-5-00271-107-9

© Коллектив авторов, 2026
© ФГБОУ ВО «СПбГАСУ», 2026

Научное издание

Бардышев Олег Андреевич
Репин Сергей Васильевич
Евтюков Сергей Аркадьевич
Алексеенко Евгений Владимирович

Техническая эксплуатация транспортно-технологических машин строительства на Севере

Монография

Электронное текстовое издание

Публикуется из оригинал-макета, подготовленного авторами

Подписано к использованию 18.03.2026.
Объем издания – 8,1 Мб.

Издательство «Наукоемкие технологии»
ООО «Корпорация «Интел Групп»
https://publishing.intelgr.com
E-mail: publishing@intelgr.com
Тел.: +7 (812) 945-50-63
Интернет-магазин издательства
https://shop.intelgr.com/

ISBN 978-5-00271-107-9



ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ 8
ВВЕДЕНИЕ 11
ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СЕВЕРА НА РАБОТУ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ 16
1.1. Влияние условий Севера на эксплуатацию и надежность строительной техники 16
1.2. Обеспечение работоспособности гидравлических систем. 29
1.3. Обеспечение работы пневматической системы при низких температурах 45
1.4. Влияние условий Севера на работу электрооборудования 48
ГЛАВА 2. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ СЕВЕРА 56
2.1. Нормативные требования к машинам северного исполнения и их конструктивные особенности 56
2.2. Специфика линейных объектов в экстремальных условиях и функциональная структура парка машин на данных объектах 62
2.3. Структура рынка и состояние парка строительных машин 67
2.4. Особенности формирования и эксплуатации парка в экстремальных условиях 70
ГЛАВА 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ 74
3.1. Основные принципы организации технического обслуживания строительной техники 74
3.2. Формы организации технического облуживания 76
3.3. Техническое обслуживание гидросистем 85
3.3.1 Влияние загрязнений рабочей жидкости на надежность гидросистем .. 86
3.3.2. Периодичность замены фильтров гидравлической системы для экскаваторов 93

3.3.3 Центробежные очистители для экскаваторов 96
3.3.4. Промывка гидросистем экскаваторов 98
3.4. Применение технической диагностики 104
3.4.1. Общие принципы применения технической диагностики 104
3.4.2. Выбор методов диагностирования 106
3.4.3. Мониторинг техники, применяемой в строительстве 117
3.4.4. Прогнозирование технического состояния и ресурса машин 125
3.4.5. Диагностирование гидросистем 128
3.4.6. Оборудование и приборы для диагностирования гидросистем 134
3.5. Применение современного диагностического оборудования 150
ГЛАВА 4. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ТЕХНИКИ 166
4.1. Общие принципы организации 166
4.2. Определение потребности в ремонтах 179
4.3. Организации ремонта техники в условиях линейного строительства ... 185
4.4. Доставка техники в ремонт 191
4.5. Обеспечение запасными частями 199
4.6. Управление системой обслуживания и ремонта техники 205
ГЛАВА 5. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ТЕХНИКИ АГРЕГАТНЫМ МЕТОДОМ 210
5.1. Основные принципы организации. 210
5.2. Выбор номенклатуры машин, ремонтируемых агрегатным методом.... 223
5.3. Оптимизация состава комплекта агрегатов 235
5.4. Распределение выполнения ремонтов по исполнителям 238
5.5. Опыт организации ремонта агрегатным методом 242
5.6. Оценка экономической эффективности внедрения агрегатного ремонта 251
ГЛАВА 6. ПОДВИЖНЫЕ СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА 255
6.1. История создания подвижных мастерских 255

6.2. Основные принципы и направления развития и формирования подвижных мастерских для работы в условиях Севера 272
6.3. Современные подвижные мастерские 290
6.4. Зарубежные мастерские в северном исполнении 298
ГЛАВА 7. СТАЦИОНАРНЫЕ И ПОЛУСТАЦИОНАРНЫЕ МАСТЕРСКИЕ 313
7.1. Основные конструкции зданий мастерских 313
7.2. Опыт применения инвентарных зданий мастерских 329
7.3. Энергоснабжение эксплуатационных баз 335
7.4. Ремонт техники в мастерских строительства в условиях Севера 338
ГЛАВА 8. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА СЕВЕРЕ 354
8.1. Метод планирования восстановительного ремонта транспортно-технологических машин на основе вариаторов затрат 356
8.2. Надежностно-ориентированный метод построения системы обеспечения работоспособности 368
8.3. Сбор и обработка эксплуатационной информации для компьютерного моделирования оптимальных параметров СОР по разработанным математическим моделям 374
8.4. Компьютерное моделирования СОР ТТМ по разработанным математическим моделям на основе использования результатов обработки эксплуатационной информации 380
8.5. Разработка системы критериев выбора типа БРЦ 384
8.6. Технико-экономическая эффективность предлагаемых решений 388
ГЛАВА 9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ТТМ 393
9.1. Совершенствование СТЭ на основе информационных технологий (ИТ) 393
9.2. Широко используемые информационные технологии 398

9.3. Эволюция информационных систем управления техобслуживания и ремонтами промышленного оборудования 399
9.4. Информационные технологии, используемые в области эксплуатации строительных машин 405
9.5. Разработка информационной автоматизированной системы управления технической эксплуатацией (ИАСУ ТЭ) ТТМ 414
9.5.1. Структура ИАСУ ТЭ 414
9.5.2. Формирование оптимальной СТЭ для конкретного предприятия и гибкой стратегии ТЭ 415
9.5.3. Разработка баз данных 417
9.5.4. Опыт внедрения ИАСУ 423
9.5.5. Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла продукции 425
Библиографический список 427

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

CALS (ИПИ) – continuous acquisition and life cycle support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукта (ИПИ-технологии – информационная поддержка изделий)

EAM – enterprise asset management – управление основными фондами

ERP – enterprise resource planning – планирование (управление) ресурсов компании

IETM (ИЭТР) – interactive electronic technical manuals – интерактивное электронное техническое руководство

ILS (ИЛП) – integrated logistic support – интегрированная логистическая поддержка изделий

ISO (ИСО) – international organization for standardization – интернациональная организация по стандартизации

PDM – product data management – системы управления данными об изделии

TQM – total quality management – общее управление качеством

TRIM – targets related information management – информационная система управления достижения целей (программный комплекс)

АСУ – автоматизированная система управления

АЗКС – Арктическая зона и Крайний Север

АКБ – аккумуляторная батарея

БАМ – Байкало-Амурская магистраль

БД – база данных

БРЦ – быстровозводимые ремонтные цеха

ГОСТ – государственный стандарт

ДТ – дизельное топливо

ЕИП – единое информационное пространство

ЕО – ежедневное обслуживание

ЖЦ – жизненный цикл

ИАСУ – информационная автоматизированная система управления

ИБТЭ – информационная база технической эксплуатации

ИИС – интегрированная информационная среда

ИЛП – интегрированная логистическая поддержка

ИП – информационный продукт

ИТ – информационные технологии

ИТС – инженерно-технические работники

ИТС – инженерно-техническая служба

ИЭТР – интерактивное электронное техническое руководство

Кг – коэффициент готовности

КР – капитальный ремонт

Кти – коэффициент технического использования

МТО – мастерская технического обслуживания

НИИ – научно-исследовательский институт

НОМ – надежностно-ориентированный метод

НР – неплановый ремонт

ОПА – обменный пункт агрегатов

ПАРМ – передвижная авторемонтная мастерская

ПЛО – протяженный линейный объект

ППР – планово-предупредительный ремонт

ПРМ – подвижная ремонтная мастерская

ПЭСМ – предприятие по эксплуатации строительных машин

РДМ – ремонтная диагностическая мастерская

РЖГ – рабочая жидкость гидросистемы

РМЗ – ремонтно-механический завод

СМО – система массового обслуживания

СМП – строительно-монтажный поезд

СОР – система обеспечения работоспособности

СР – средний ремонт

СРБ – стационарная ремонтная база

СРМ – слесарная ремонтная мастерская

ТЭН – трубчатый электронагреватель

ТМО – теория массового обслуживания

ТО – техническое обслуживание

ТОиР – техническое обслуживание и ремонт

ТР – текущий ремонт

ТТМ – транспортно-технологические машины

ТЭ – техническая эксплуатация

УМ – управление механизации

ЦРМ – центральные ремонтные мастерские

ШМЛ – шефмонтажные летучки

ЭД – электронная документация

ПГУПС – Петербургский государственный университет путей сообщения

ВВЕДЕНИЕ

Научные исследования, посвященные обеспечению работоспособности машин на строительных объектах, в частности на Крайнем Севре, характерны для кафедры Наземных транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО «СПбГАСУ». Начало данных исследований на кафедре положили в середине 70-х годов прошлого века профессора Н.Г. Гаркави и О.А. Бардышев, написавшие ряд монографий по эксплуатации строительных машин в условиях Севера, тогда еще Советского Союза [9, 10, 11, 12, 13, 15, 28]. Как полковники в запасе, они имели большой опыт организации эксплуатации специальной техники в условиях холодного климата [26, 29], причем особое внимание было уделено гидравлическим и пневматическим системам, как наиболее подверженным отрицательному влиянию низких температур [27].

Одним из главных строительных транспортных железнодорожных объектов Советского Союза в период с 1974 по 1986 годы была Байкало-Амурская Магистраль (БАМ), проходящая через Восточную Сибирь и Дальний Восток России, протяжённостью 4324 км. БАМ, одна из крупнейших железнодорожных магистралей в мире, расположена примерно в 610-770 км к северу от Транссибирской магистрали (Транссиб)[1] и параллельна ей. Большая часть БАМ проходит по зоне вечной мерзлоты и пересекает одиннадцать полноводных рек, семь крупных горных хребтов. БАМ почти на 500 км короче Транссиба на участке от Тайшета до морского порта Ванино. Стратегическим преимуществом БАМ перед Транссибом также является расположение в глубине страны, на расстоянии 700-1000 км от государственной границы.

[1] Соединяет европейскую часть России с крупнейшими восточносибирскими и дальневосточными промышленными городами, построена в 1891-1916 годах, длина около 7 тыс. км, самая длинная железная дорога России и в мире.



Рис. 1. Трассиб и БАМ на карте РФ

О.А Бардышев в период строительства БАМа провел в командировках на стройке около года, принимая участие в организации эксплуатации техники, и отразил опыт работы в нескольких монографиях [11, 12, 13, 15]. Имел возможность убедиться в необходимости использования надежной техники и правильной организации ее эксплуатации, когда во время перемещения между строительными объектами на одном транспортном средстве (а не двух в целях сокращения вероятности внезапного отказа техники!) в сорокаградусный мороз совместно с водителем пришлось несколько раз прочищать карбюратор УАЗа из-за загрязненного бензина на участке более 100 км между населенными пунктами. И это при отсутствии радиосвязи. Совместный опыт водителя и ученого помог благополучно выбраться из сложной ситуации.

На базе созданной Н.Г. Гаркави и О.А. Бардышевым научной школы по технической эксплуатации строительных машин был написан ряд кандидатских диссертаций. Так, Н.В. Коценко (1981 г.) исследовал организационные формы технических обслуживаний и планового ремонта [56], строительных машин, Б.Н. Бирючев (1986 г.) рассматривал организацию выполнения неплановых ремонтов строительных машин передвижными

ремонтными мастерскими [19]. Кандидатская диссертация С.В. Репина (1986 г.) также посвящена обеспечению работоспособности строительных машин, в частности, гидравлических экскаваторов [76]. С.В. Репин при написании докторской диссертации (2006 г.) описал методологию совершенствования систем технической эксплуатации строительных машин [60].

С.М. Грушецкий (2000 г.) исследовал вопрос совершенствования проведения технического обслуживания №2 [37] в кандидатской диссертации, а затем описал научные основы обеспечения эффективности производственной эксплуатации транспортно-технологических машин (ТТМ) в докторской диссертации (2023 г.) [36]. Следует отметить, что С.М. Грушецкий является учеником д.т.н., профессора С.А. Евтюкова, который, будучи аспирантом, писал кандидатскую диссертацию под руководством Н.Г. Гаркави.

В настоящее время научная школа технической эксплуатации строительных машин при кафедре НТТМ СПбГАСУ активно развивается под руководством профессоров С.А. Евтюкова и С.В. Репина, что выразилось в успешной защите ряда кандидатских диссертаций – О.А. Чооду (2009 г.) [98], А.В. Зазыкиным (2010 г.) [45], Н.К. Ховалыгом (2012 г.) [96], Бобобековым В.Е. (2018 г.) [20], Чечуевым (2022 г.) [97]. Работает над кандидатской диссертацией и один из авторов данной монографии – Е.В. Алексеенко, аспирант кафедры наземных транспортно-технологических машин СПбГАСУ. Его исследования вошли в восьмую главу.

Одним из основных научных направлений исследований кафедры наземных транспортно-технологических машин в области технической эксплуатации является повышение надежности гидроприводов. Исследования по данному направлению начались на кафедре с 1965 года, носившей в то время название «Строительные и дорожные машины и оборудование», доцентом Седлухой Георгием Андриановичем. Решались актуальные научные проблемы, оказывающие наиболее сильное влияние на

надежность гидроприводов строительных машин: повышение чистоты гидросистем, надежности уплотнений гидроцилиндров, диагностирования аксиально-поршневых насосов и гидромоторов. В дальнейшем Седлуха Г.А. полностью переключился на руководство исследованием проблем повышения чистоты гидросистем, надежностью уплотнений гидроцилиндров начал заниматься доцент Алексеенко Петр Демьянович, а направление по диагностированию возглавил профессор Русинов Игорь Яковлевич. Таким образом, возникли несколько научных направлений, которые существуют по настоящее время и в нашем вузе, и в других вузах страны, возглавляемые бывшими аспирантами кафедры, а ныне профессорами и заведующими кафедрами.

Для повышения чистоты гидросистем были выполнены диссертационные исследования по применению:

− центробежных очистителей рабочей жидкости, устанавливаемых вместо магистральных фильтров - Шарифов А.Р.-оглы (1971 г.) [99], Торопов А.Г. (1981 г.) [93];

− измельчения частиц загрязнений до размеров менее 5 мкм путем применения эффекта кавитации - Будагов Ф.К. (1971 г.) [22], Климов Н.Н. (1974 г.) [52].

− установок для промывки и заправки гидросистем при изготовлении и ремонте машин - Микипорис Ю.А. (1973 г.) [61], Пузь П.Н. (1975 г.) [70], Гельцер А.К. (1975 г.) [30], Сумин П.И. (1980 г.) [91], Аниканов С.Г. (1980 г.) [7], Волюжский С.Б. (1984 г.) [23], Репин С.В. (1986 г.) [76].

Повышению надежности уплотнений гидроцилиндров экскаваторов посвящены кандидатские диссертации Алексеенко П.Д. (1971 г.) [5], Федотова Ю.Н. (1979 г.) [94], Ереско С.П. (1981 г.) [41], Кобзова Д.Ю. (1987 г.) [54], Губанова В.Г. (2021 г.) [38]. Дальнейшее развитие данного направления выразилось в докторских диссертациях – Ереско С.П. (2003 г.) [42], Кобзова Д.Ю. (2013 г.) [53].

Диагностированию гидросистем строительных машин были посвящены кандидатские диссертации Барана А.П. (1983 г.) [8], Дорлигсурэнгийн Лханага (1989 г.) [40], Тигунцева А.М. (1990 г.) [92], Рулиса К.В. (1993 г.) [81], Алексеенко А.П. (2001 г.) [4]. В настоящее время уже второе поколение исследователей работает над этой темой в лице аспиранта Тигунцева М.А.

ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СЕВЕРА НА РАБОТУ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

1.1. Влияние условий Севера на эксплуатацию и надежность строительной техники

Большая часть территории Российской Федерации находится в зоне холодного климата и лежит севернее изотермы января -20˚С. К районам с холодным климатом относят ту часть страны, для которой средняя из ежегодных абсолютных минимумов температура воздуха ниже - 45˚С, среднемесячная температура января от – 10 до - 20˚С, число холодных дней в году 160-230. Подзона особо низкой температуры, расположенная в междуречьи Лены и Индигирки, имеет среднюю температуру января - 50˚С с числом зимних дней в году 250-270.

Арктическая подзона, составляющая 18% территории России, отличается более мягким климатом со среднемесячной температурой января от -18 до -26˚С с числом холодных дней в году 230-240. Работа в этой подзоне осложняется наличием полярной ночи.

К зоне холодного климата относятся в европейской части страны Мурманская и Архангельская области, Республика Коми, Ямало-Ненецкий автономный округ, в азиатской части – север Сибири и Хабаровского края. Хотя в целом эти районы относятся к зоне холодного климата, климатические особенности имеются в каждом из конкретных районов и их следует учитывать при эксплуатации техники. Например, в районе г. Тында Амурской области зарегистрирован абсолютный минимум -65˚С, а в лежащих севернее районах южной Якутии такие температуры не отмечались. Следует учитывать влияние на работу техники также силы ветра и толщины снежного покрова.

Существенное влияние на работу машин и параметр потока отказов оказывает суточное колебание температуры. Число отказов возрастает с повышением скорости изменения температуры, что может объясняться возрастанием градиента напряженного состояния металла из-за резких температурных скачков. На строительстве БАМа зафиксированы случаи, что после резкого падения температуры в утренние часы происходило хладноломкое разрушение ковшей экскаваторов и отвалов бульдозеров при начале работы.

Суммарное влияние климатических факторов оценивают, как жесткость климата. П.И. Кохом было предложено понятие «техническая жесткость климата», отражающее влияние всех факторов на надежность техники. Максимальное значение технической жесткости климата оценивается в баллах S_t по следующей эмпирической формуле:

$$S_t = (t_{\text{мин}} + t_{\text{ср}})(1 + 0,05v)(1 + 0,02b)\, f \ , \qquad (1.1)$$

где $t_{\text{мин}}$ – минимальная из возможных температур воздуха; $t_{\text{ср}}$ - средняя температура воздуха самого холодного месяца, $^{\circ}$C; v – средняя скорость ветра за три наиболее холодных месяца, м/с; b - наибольшее рассевание суточной температуры наиболее холодного месяца, $^{\circ}$C; f – относительная влажность воздуха самого холодного месяца в долях единицы.

По полученным баллам территория России разбивается на четыре зоны: зона I – 135-85 баллов, зона II – 94-65 баллов, зона III – 64-25 баллов, зона IV – 24-0 баллов. Граница зоны II совпадает с границей зоны холодного климата. Поскольку эта градация совпадает с предложенной ранее Институтом комплексных транспортных проблем, несмотря на разницу в методиках, ее можно принять для оценки влияния жесткости климата на эксплуатацию строительной техники.

Климатические условия влияют как на надежность и работоспособность техники, так и на производительность труда механизаторов, работающих на открытом воздухе – буровиков, путейцев,

компрессорщиков, сварщиков магистральных трубопроводов, ремонтников и т.п. Поэтому в различных областях существуют свои нормы продолжительности рабочего дня для механизаторов и рабочих, работающих вне кабин, а также нижние границы температур, при которых допускается работа на открытом воздухе.

При низких температурах снижается надежность машин из-за хладноломкости металла и пластмасс, ухудшается работа гидравлических и пневматических систем, электрооборудования и систем управления, увеличивается расход топлива и смазочных материалов. Например, при снижении температуры воздуха с +10 до –20°С производительность экскаваторов снижается в среднем в 1,4-1,6 раза, затраты на топливо и смазочные материалы увеличиваются до 50%, трудоемкость ремонтных работ увеличивается в среднем на 30%.

Число отказов землеройной техники, работающей в условиях Севера, по данным института «Красноярский Промстройниипроект» возрастает в зимний период в 3-7 раз по сравнению с летним периодом. В то же время в районах Северо-Запада, имеющих более умеренный климат по сравнению с севером Сибири, число отказов дизельных двигателей в зимнее время у землеройных машин возрастает в 1,5 раза, рабочего оборудования в 2,5 раза, ходовой части и трансмиссии на 30-40%.

Вероятность возникновения отказов машин как функция от температуры окружающей среды с достаточной для практических целей точностью может быть оценена выражением:

$$P(t_в) = e^{-\nu t_в} \text{ при } \nu = j / y_0 \qquad (1.2)$$

где $t_в$ – температура окружающей среды; ν - средняя скорость увеличения числа отказов при понижении температуры; j - коэффициент регрессии числа отказов машин на температуру $t_в$; y_o - среднее число отказов машин при положительных температурах.

Существенное влияние оказывает длительность перерыва в работе машин: за счет охлаждения конструкции и загустевания смазок число отказов после выходных и праздничных дней возрастает у бульдозеров на 16- 20%, а у экскаваторов на 30-35%. Поэтому на строительстве БАМ в зимнее время старались работать землеройной техникой в две удлиненные смены, а при простоях двигатели бульдозеров и экскаваторов не глушили, в этом случае дежурный машинист периодически включал вхолостую рабочие органы. На увеличение числа отказов машин в зимнее время существенно влияет хладноломкость сталей и других материалов. Этому способствует также повышение прочности и абразивности грунта, в том числе на притрассовых дорогах.

В зимнее время резко возрастает сложность запуска двигателей. При низких температурах время разогрева двигателей увеличивается, пуск холодных или недостаточно разогретых двигателей приводит к их повышенному износу, работа топливной аппаратуры затрудняется из-за повышенной вязкости топлива, его парафинизации, образовании пробок в топливопроводах и забивания парафином топливных фильтров. Пуск недостаточно прогретых двигателей приводит к быстрому выходу из строя стартеров, коэффициент замены которых по опыту БАМа в 2-3 раза выше, чем в целом по строительным организациям. Затруднение пуска происходит также из-за плохого смесеобразования, низкой температуры в камере сгорания и плохого испарения топлива.

Основная характеристика пусковой надежности двигателя определяется параметрами процесса сжатия. Например, для дизельных двигателей температура в конце такта сжатия T_c (в $^\circ$C)

$$T_c > T_s \text{ при } T_s = T_a \cdot e^{n-1}, \qquad (1.3)$$

где T_s - температура воспламенения; T_a - температура сжатия; e – степень сжатия; n – показатель политропы сжатия, зависящий от частоты вращения

коленчатого вала и теплового состояния двигателя, на которого влияет, в частности, вязкость моторного масла.

Отсюда надежность запуска двигателя во многом определяется температурой окружающей среды, так как и T_a и n – функции от нее.

Очень важен правильный подбор вязкости масел для двигателей и обеспечение теплового режима при эксплуатации зимой, при несоблюдении требований к режиму работы двигателей резко сокращается срок их службы. Повышение вязкости моторных масел затрудняет прокручивание двигателя при пуске и ведет к повышенному износу его деталей и проворачиванию или задиру вкладышей.

При низких рабочих температурах двигателей происходит интенсивное отложение смолистых и окисляющих веществ – нагара на поршнях, кольцах и головке цилиндра, что ускоряет износ цилиндропоршневой группы. Износ стенок цилиндра также увеличивается в результате смывания смазки с зеркала цилиндров конденсирующимся топливом. При понижении температуры двигателя +50˚С износ увеличивается в 4 раза, до +40˚С – в 12 раз, при +20˚С - в 20 раз по сравнению с износом при нормальном тепловом режиме [11].

Отложение смол на стенках камеры сгорания, в канавках поршневых колец и клапанных гнездах приводит к зависанию клапанов и заклиниванию поршней, результатом чего являются обрывы щатунов. Особенно часто это наблюдается при работе на малых оборотах, когда в сильные морозы двигатели в межсменное время держат на постоянном прогреве.

Нормальная работа бензиновых двигателей при низких температурах затрудняется при ухудшении испаряемости бензина даже при применении зимних сортов, снижении производительности инжекторов, менее надежной работой свечей и снижением мощности аккумуляторных батарей.

Повышение вязкости дизельного топлива затрудняет его прокачиваемость, нарушает работу насосов, ухудшает распыление топлива.

Вследствие выпадения кристаллов парафина при низких температурах забиваются топливные фильтры и трубопроводы, что ведет к прекращению подачи топлива. В связи с этим для снижения вязкости дизельного топлива в него добавляли авиационный керосин ТС-1.

В зимнее время для охлаждения двигателей применяются различные охлаждающие жидкости, большинство которых является токсичными и влияет на состояние уплотнений системы охлаждения, поэтому в северных районах стараются использовать автомобили с воздушным охлаждением двигателя. Например, на БАМе широко использовались автомобили-самосвалы «Магирус» и «Татра» с воздушным охлаждением.

Увеличение вязкости трансмиссионных масел не только ведет к потере 40-50% мощности двигателя на преодоление внутренних сопротивлений, но и вызывает повышенный износ шестерен и подшипников качения, в частности, чаще наблюдается осповидный износ подшипников качения при пуске холодного двигателя. Наблюдалось также проворачивание или задир вкладышей коленчатого вала при пуске плохо прогретого или холодного двигателя. Для снижения влияния низких температур применяют трансмиссионные масла с более пологими кривыми изменения вязкости.

Работоспособность гидравлических систем в зимнее время зависит от применяемых гидравлических жидкостей и разогрева гидросистемы при начале работы машины. В баках гидросистемы происходит образование влаги при попадании холодного воздуха, что может вести к образованию пробок в гидропроводах и нарушении работы гидрораспределителей и клапанов. Увеличенная вязкость гидравлической жидкости приводит к ускоренному износу аксиально-плунжерных насосов – преимущественно пар поршень-цилиндр и блок цилиндров – распределительная шайба.

Повышение вязкости холодной гидравлической жидкости приводит к появлению разрежения во всасывающей магистрали, растворенный в жидкости воздух выделяется в виде пузырьков и образует эмульсию.

Гидравлическая жидкость становится сжимаемой, что серьезно нарушает работу гидросистемы. В таком состоянии гидравлическая жидкость может находиться до трех суток.

Аналогично попадание влаги в пневмосистему ведет к образованию ледяных пробок в магистрали, особенно в шлангах пневмосистемы автомобилей-самосвалов и думперов, примерзанию золотников. Основная причина – конденсация в воздухе влаги при охлаждении нагретого при сжатии в компрессоре воздуха. Для предупреждения этого явления в пневмосистему тормозов впрыскивается технический спирт с помощью эксикаторов.

Ухудшение работы электрооборудования происходит из-за обмерзания контактов и других элементов при охлаждении после остановки работы. То же относится к системе управления. Например, ограничители грузоподъемности импортных гусеничных кранов зимой отказывали из-за использования в них усилителей сигнала, которые могут работать только при температуре до -10˚С.

Важная проблема – поддержание работоспособности аккумуляторных батарей. Из-за повышения вязкости электролита и ухудшения его доступа в поры активной массы снижается емкость батарей, а при температуре -30^{0}С свинцовые батареи практически не принимают зарядку. При запуске плохо прогретых двигателей повышенная разрядка батарей приводит к сульфатированию пластин и выходу аккумуляторов из строя. Бороться с этим можно путем утепления и обогрева аккумуляторов, а также использованием литиевых аккумуляторов.

Одной из основных причин отказов в зимнее время является хладноломкость. Это явление проявляется обычно при так называемых «критических» температурах (-40˚С и ниже), но наблюдались случаи ее проявления при продолжительно воздействии и более высоких минусовых температур. Хладноломкость зависит от вязкости сталей, она вызывает

хрупкое разрушение металлоконструкций, протекающее преимущественно в области упругих деформаций. Такое разрушение определяется малой пластической деформацией и специфической перекристаллизацией металла.

Хладноломкость не является свойством, постоянно присущим данному элементу конструкции, обычно она проявляется при определенных условиях работы и напряженного состояния. Хрупкое разрушение металла подготавливается предварительно протекающей локальной пластической деформацией, наличием местных сварочных или закалочных трещин, динамических нагрузок. Разрушение чаще всего происходит в результате одновременного воздействия всех трех приведенных выше факторов. Опасность хрупкого разрушение в том, что происходит практически внезапно, часто без заметной пластической деформации. Основной критерий динамической прочности конструкционных материалов – механического сопротивления ударному разрушению – ударная вязкость металла.

Резко возрастает вероятность хрупкого разрушения при динамических нагрузках – ударах и толчках. Появляющиеся при этом микротрещины могут привести к разрушению металла, при этом микротрещина переходит в трещину в металле, которая распространяется со скоростью звука. Наиболее часто хрупкому разрушению подвергаются отвалы и другие части рабочего оборудования бульдозеров, ковши и стрелы экскаваторов, детали гусеничных полотен, рамы автосамосвалов, автокранов и автогрейдеров. Разрушение происходит чаще всего в местах концентрации напряжений – по сварным швам (толкающие балки бульдозеров, рукояти экскаваторов, кронштейны аутригеров кранов, рамы отвалов автогрейдеров) или по проушинам – проушины гидроцилиндров тяжелых бульдозеров, башмаки экскаваторов.

Зимой резко возрастает число отказов ходовой части и металлических конструкций некоторых автомобилей-самосвалов – лопаются рулевые тяги, рессоры, кронштейны балансиров заднего моста, трескается точечная сварка облицовки кабины и капота. На гидравлических экскаваторах увеличивается

число трещин и разрывов стальных трубопроводов в местах изгиба, чему способствуют вибрация, повышенная инерционность управляющей гидравлической аппаратуры и гидравлические удары.

Не застрахованы от хрупкого разрушения и машины в северном исполнении, хотя число таких поломок у них значительно меньше, чем у аналогичных машин в исполнении «У». Например, наблюдались вертикальные трещины на всю высоту отвала тяжелых бульдозеров D155A- 1 фирмы «Комацу» и хрупкое разрушение ковшей экскаваторов HD-1500GYS фирмы «КАТО». Эти машины были рассчитаны на работу при температурах до -50˚С.

В связи с этим при допуске техники для эксплуатации в условиях Крайнего Севера и Арктики особое внимание обращается на вязкость применяемых в металлоконструкциях сталей. В частности, не допускается применение сталей, работоспособных при температурах до -20˚С, например, стали Ст3, Сталь 20 и т.п. В северных районах не допускается применение грузоподъемных кранов со стрелами из этих сталей. В используемой в этих районах строительной технике должны применяться низколегированные конструкционные стали 10ХСНД и 09Г2С, которые, хотя и рассчитанные на использование при температурах до -40˚С, показали себя неплохо и при более низких температурах.

Например, у импортных гидравлических кранов (КАТО, «Тадано») стрелы изготавливались из высоколегированной стали S690QL, которая имеет при -40˚С ударную вязкость >27 Дж/см^2, что обеспечивает устойчивость против хладноломкости. В то же время остальные части кранов были изготовлены из сталей с более низкой ударной вязкостью, что вело к появлению зимой трещин в местах приварки поворотного круга к раме кранов «Тадано».

Примером отечественных сталей, хорошо работающих при низких температурах, могут служить стали 30ХГСА, 16Х2ГСБ и др. Например, у

стали 30ХГСА ударная вязкость в Дж/см^2 меняется при снижении температуры следующим образом: +20 – 69; -20 – 55; -40 – 41; -60 - 35; -80 – 23. Ударная вязкость стали при -40˚С в пределах 30-40 Дж/см^2 обеспечивает ее надежную работу при низких температурах.

Хрупкому разрушению подвержены также резины и пластмассы. Шины в обычном исполнении при температурах ниже -50˚С при наезде автомобиля на камень или неровности дороги могут полностью разрушаться. Поэтому при сильных морозах рекомендуется первоначально двигаться с небольшой скоростью для прогрева шин. При пуске гидравлических машин после долгого нахождения на морозе могут разрушаться резиновые шланги и уплотнеиия в гидросистемах.

У первой партии немецких автосамосвалов «Магирус 290D», поступивших на БАМ, пластмассовые передние бамперы и некоторые резиновые элементы передней подвески разрушались при наступлении сильных морозов, поэтому для следующей партии эти элементы конструкции прошли модернизацию - бамперы были заменены на стальные, проведены конструктивные изменения и ряда других элементов, в том числе уменьшена вместимость кузова автосамосвалов во избежание перегрузки рам и подвески машины.

На появление отказов от хладноломкости оказывают большое влияние условия работы. При работе на скальных грунтах резко возрастает число поломок отвалов и толкающих брусьев бульдозеров даже в северном исполнении. Так, неоднократно наблюдались при работе на скальном грунте и мерзлоте изломы отвалов тяжелых бульдозеров при температуре ниже -50˚С. Важное значение имеет квалификация машинистов для обеспечения плавной работы машин и исключения перегрузок. Поэтому на БАМе не допускалась стажировка машинистов землеройных машин и кранов в зимнее время.

Существует целый ряд норм, ограничивающих применение техники при низких температурах, но в условиях Крайнего Севера при необходимости выполнения целого ряда работ именно в зимнее время, например, разработку в мерзлых грунтах выемок для железных дорог или траншей магистральных газопроводов, применение этих норм нереально. В этом случае снижается не температурный порог применения техники, а производится ограничение рабочих нагрузок и скоростей.

Так, Вилюйгэсстроем было введено для башенных кранов обязательное снижение грузоподъемности на 50% при температурах -40…-45˚С и на 75% при -46…-50˚С. По другим рекомендациям при температурах от -35 до -40˚С грузоподъемность кранов снижается на 50%. Это достигается регулировкой ограничителей грузоподъемности и организационными мероприятиями. Кроме того, рекомендуется снижать вдвое рабочие скорости. При низких температурах не допускается работа автомобильных и пневмоколесных кранов без установки на аутригеры, передвижение гусеничных и железнодорожных кранов с грузом на крюке и другое.

Для экскаваторов в этих условиях заменяли ковши на ковши меньшей вместимостью, например, на экскаваторах ЭО-4121А кубовый ковш заменялся на ковш 0,65 куб. м. Машинистам рекомендовалось увеличивать на 20-60% продолжительность рабочего цикла, избегать ударов ковщом по негабаритам и гусеницам, бульдозеристам тяжелых бульдозеров запрещалось работать на мерзлоте без предварительного рыхления и т.п. Введение таких ограничений на строительстве БАМа позволило значительно сократить число отказов по хладноломкости зимой [15].

В районах Крайнего Севера наблюдается резкое колебание температуры в течение суток. Так, если в утренние часы в зоне Южной Якутии зимой температура может достигать – 55˚С, то днем она может подниматься до -30˚С. Такой перепад отрицательно влияет на работу как металлоконструкций, так и других систем машин. Для компенсации перепада

температур применяют покрытие стрел и рукоятей экскаваторов пластичными смазками (графитной, УТВ 1-13, консервационными смазками), что позволяет сохранить более высокую температуру за счет низкой теплопроводности смазок, коэффициент их теплопроводности меньше в 300 раз, чем у стали. Применялся также электроподогрев стрел и рукоятей на экскаваторах с ковшом 2,5 $м^3$.

Следует отметить один важный момент. По опыту строек на Севере, включая БАМ, строителями применяется широкая номенклатура техники – отечественной и зарубежной, соответственно, используется большая номенклатура смазочных материалов и рабочих жидкостей. В связи с проблемами поставок всей номенклатуры строители используют заменители, которые по составу присадок могут не соответствовать штатным смазкам и рабочим жидкостям. Например, при смешивании гидрожидкостей может наблюдаться пенообразование, что ведет к утрате работоспособности гидросистемы. Инструкции по применению заменителей, разработанные различными организациями, включая заводы – производители техники, часто содержат противоречивые рекомендации. Это приводило к резкому росту номенклатуры смазочных материалов и применению нерекомендованных масел, что вело к выходу машин из строя.

Одним из факторов, влияющих на работу строительной техники и автомобилей, в районах Крайнего Севера и Арктики, является наличие вечной мерзлоты. По характеру ее воздействия на строительство различают районы с высокотемпературной и низкотемпературной мерзлотой. К первой, в частности, относятся северная часть Читинской и Амурской областей и Приморского края, ко второй – Республика Саха, северная часть Красноярского края, Иркутской и Читинской областей.

Верхняя часть мерзлоты представляет собой торфяной слой толщиной до полуметра (марь). Высокотемпературная мерзлота летом оттаивает на глубину до 1,8 м, при этом температура на дне оттаивавшего слоя составляет

0˚С. При движении транспорта и строительной техники по поверхности оттаявшей мерзлоты (по мари или тундре) происходит прорыв торфяного слоя, и машина садится на дно, при этом вытащить провалившуюся машину очень сложно, так как при этом происходит дальнейший разрыв торфяного слоя. В ряде случаев машину бросали до наступления морозов (рис. 1.1.).



Рис. 1.1. Движение по мари при оттаявшей мерзлоте не рекомендуется

У низкотемпературной мерзлоты на нижней границе оттаявшего слоя сохраняется минусовая температура. Погружение свай возможно только после бурения скважин, при эксплуатации построек на сваях необходимо принимать меры против оттаивания мерзлоты. При строительстве автомобильных и железных дорог для предупреждения оттаивания мерзлоты устраивается отсыпка скальным или дренирующим грунтом по торфяному слою на высоту не менее 50 см, при этом следует избегать повреждения торфяного слоя во избежание появления термокарста. Например, асфальтированная автомобильная дорога к пос. Териберка на берегу Баренцова моря, построенная в 2025 г, имеет отсыпанную по поверхности

тундры полуметровую подушку скального грунта. Работа техники в условиях вечномерзлых грунтов существенно затрудняется, например, разработку выемок возможно вести только в зимнее время, так как летом мерзлота оттаивает и превращается в жидкую грязь. Поэтому выемки разрабатывают зимой на больший объем с учетом того, что днище и откосы отсыпают дренирующим грунтом толщиной до полутора метров для предупреждения дальнейшего оттаивания мерзлоты.

Проблемы обеспечения работоспособности сооружений на высокотемпературной мерзлоте особенно ярко проявились при строительстве БАМа, в их решении следует отметить работу института «Красноярский ПромстройНИИпроект» и Тындинской мерзлотной лаборатории.

1.2. Обеспечение работоспособности гидравлических систем.

Надежность работы систем управления имеет большое значение для современных строительных машин. От систем управления во многом зависит производительность машин, их выработка и обеспечение безопасности работы. Рассмотренное выше влияние жесткости климата на работу систем управления – гидропривода, пневмосистемы и электрооборудования машин требует более детального рассмотрения этого влияния и мероприятий по обеспечению работоспособности этих систем в северных условиях.

Переход от канатного привода к гидроприводу в современных машинах обеспечивает большее удобство управления, большую выработку машин, позволило снизить массу машин и трудоемкость их обслуживания. Затраты на ремонт и обслуживание гидросистем составляют от 25 до 50% всех расходов при эксплуатации строительных машин с гидроприводом. Отказы гидравлических систем по имеющейся статистике составляют около 50 % общего числа отказов строительных машин с гидроприводом. С

усовершенствованием гидросистем и повышением надежности отдельных элементов гидравлической аппаратуры процент отказов снижается. В то же время для более сложных систем, например, для гидросистем экскаваторов с сервоуправлением, процентная доля отказов гидросистемы в общем количестве отказов агрегатов машины увеличивается.

Особенно резко увеличивается число отказов в зимнее время. Для строительных машин, эксплуатируемых в средней полосе России, число отказов возрастает по сравнению с летним временем на 15-20%, а в районах Восточной Сибири – на 30-40%. Например, для бульдозеров на базе тракторов Д9Н и Д8К более 50% отказов уплотнений и 44% отказов гидронасосов приходится на температуры ниже -30˚С при эксплуатации их в северных районах.

Простой машин из-за отказа элементов гидросистем зимой увеличивается по сравнению с летним временем в 1,2 – 1,4 раза, а для северных районов – в 2-2,5 раза, что объясняется также возрастающей сложностью восстановления машин при низких температурах. Увеличение числа отказов характерно для машин, как в обычном, так и в северном исполнении, хотя во втором случае это несколько меньше [12].

Основные причины роста значений параметра потока отказов гидросистем зимой – повышение вязкости рабочей жидкости гидросистемы, замерзание содержащейся в ней воды, снижение эластичности резины уплотнений и шлангов, хладноломкость металлических трубопроводов, штоков гидроцилиндров, резиновых уплотнений и шлангов, в том числе полимерных. Этому способствует также увеличивающаяся при повышении вязкости рабочей жидкости инерционность управляющей аппаратуры, в результате чего повышается вероятность возникновения гидравлических ударов.

Работоспособность гидросистемы во многом зависит от чистоты и вязкости применяемых рабочих жидкостей. Современная гидравлическая

аппаратура, выполненная с высокой точностью и имеющая очень малые зазоры в подвижных соединениях, предъявляет повышенные требования к этим показателям рабочих жидкостей. Инструкциями заводов изготовителей гидравлической аппаратуры тонкость очистки гидравлических жидкостей допускается не ниже 25 мкм, что, в принципе, соответствует рекомендациям ISO 4406. По ISO частицы размером менее 15 мкм вызывают повышенный износ гидроаппаратуры, а частицы размером 100 мкм могут вызывать заклинивание золотников, что и происходит при плохой работе фильтров гидросистемы.

Вязкость рабочей жидкости в $мм^2/с$ для нормальной работы гидросистемы при отрицательных температурах должна находиться в следующих пределах: для шестеренных насосов типа НШ – 1400…1600, для пластинчатых насосов – 600…800, для аксиально-поршневых насосов и гидромоторов НПА-64, HMN5, HMN10 – 500…700, для остальных аксиально-поршневых насосов и гидромоторов – 1000…1200. Требования к вязкости рабочей жидкости обязательно указываются в заводских руководствах к эксплуатации.

Нормальная работа гидравлической аппаратуры обеспечивается при температуре рабочей жидкости не ниже +20˚С, при которой вязкость масел находится в допустимых пределах. При повышении вязкости нарушается работа золотников и другой управляющей аппаратуры, так как в масляных каналах образуются пробки, что ведет к заеданию золотников и клапанов, запаздыванию срабатывания исполнительных цилиндров, появлению рывков. Снижается подача насосов из-за увеличившегося сопротивления проталкиванию рабочей жидкости по магистралям и каналам гидросистемы. Интенсивнее изнашиваются детали насосов из-за работы вхолостую при отсутствии подачи масла.

При снижении температуры с +20 до -40˚С запаздывание при включении управляемого обратного клапана увеличивается в три раза,

давление срабатывания предохранительного клапана – на 5-7%, потребная мощность для пуска насосов на 15-40%. При температурах ниже -20˚С резко увеличивается усилие страгивания золотников, а их заклинивание может привести к аварии машины.

Плунжерные насосы путевого гидравлического инструмента – домкратов и разгонщиков зазоров резко снижают подачу при температурах, близких к -20˚С из-за замедленного перемещения запорного шарика всасывающего клапана в загустевшем масле, а при более низких температурах практически перестают работать даже при использовании зимних масел.

При наличии неплотностей в соединениях всасывающей магистрали, образующихся при температурных нарушениях посадок, или износе манжеты шестеренного насоса начинается активный подсос воздуха и образование воздушно-масляной эмульсии. Эмульсия может сохраняться в течение 2-3 суток и серьезно нарушает работу гидросистемы из-за изменения в объеме при увеличении давления.

При конденсации водяных паров в маслобаке в рабочую жидкость попадает вода. Она также может находиться в масле, поступающем из промышленности. Ее количество при производстве лимитируется требованиями ГОСТ Р 15380-2021, но при хранении все равно происходит насыщение масла водяными парами, содержащимися в воздухе.

При наличии в масле воды при подсосе воздуха образуется пена, которая снижает смазывающие способности масла и приводит к его окислению и коррозии деталей. Поэтому в ряде случаев в зимнее время рекомендуется проводить перед заправкой гидросистемы осушку масла вымораживанием или нагревом.

В результате эмульгирования и пенообразования происходит процесс окисления и осмоления масла, появления отложений на поверхности деталей гидроаппаратуры, нарушается нормальная работа гидросистем. Особенно

активно происходит пенообразование при использовании масел-заменителей и недостаточном уровне масла в баке. Удалить воздух из рабочей жидкости довольно сложно, поэтому необходимо принимать меры по предупреждению его появления.

Чтобы предотвратить разрежение во всасывающей магистрали следует применять гидравлические жидкости с более пологими вязкостными характеристиками (АМГ-10, МГЕ-10А, ВМГЗ и др.), а также создавать небольшое избыточное давление в гидробаке (до 0,2 МПа) подачей в него сжатого воздуха, как это сделано в ряде гидравлических экскаваторов.

Таблица 1.1. Маловязкие гидравлические масла

Марка рабочей жидкости	ГОСТ или ТУ	Вязкость мм^2/с при температуре		
		+50˚С	-40˚С	-50˚С
ЛЗ-МГ-2	ТУ 381013288-81	>=4.0		<=210
МГЕ-4А	ОСТ 38 01281-82	>=3.6		<=300
РМ	ГОСТ 15819-85	>=3,8-4,2	<=350	
РМЦ	ГОСТ 15819-85	>=8,3	<=915	
МГ-7Б	ТУ 38.401-58-101-92	>=3,4	<=350	
МГ-10Б	ТУ 38.401-58-101-92	>=8,3	<=915	
МГЕ-10А	ОСТ 38 01281-82	>=10		<=1500
ВМГЗ	ТУ 38.101479-86	>=10	<=1500	
АМГ-10	ГОСТ 6794-75	>=10		<= 1250

Промышленность выпускает масла и синтетические жидкости, которые могут быть использованы в качестве рабочих жидкостей гидросистем (табл. 1.1.). Требования к таким маслам повышенные, так как они являются одновременно передатчиком энергии от насоса к рабочим органам и смазкой деталей гидросистемы.

Для гидравлических жидкостей, работающих при повышенном давлении, важно изменение их вязкости в зависимости от температуры и временное снижение вязкости. Это обеспечивается как качествами базового масла, так и наличием присадок, и их комбинацией. Обычно эта комбинация

должна обеспечить противопенные, противокоррозионные, вязкостные, антиокислительные и низкотемпературные свойства.

Наиболее широко применяемая в северных районах гидрожидкость – всесезонное масло ВМГЗ, работающее при температуре до -40˚С, которое обладает хорошими эксплуатационными свойствами. При этих температурах хорошо работают всесезонные масла РМ и РМЦ и их заменители масла МГ-7Б и МГ-10Б.

Для работы в районах с особо низкими температурами используются масла АМГ-10, работающее при температуре до -60˚С, и масла ЛЗ-МГ-2 и МГЕ-4А, которые могут использоваться при температурах до -65˚С. В ряде случаев в качестве гидрожидкостей могут использоваться синтетические рабочие жидкости типа 7-50С-3, силиконовая жидкость ВПС и другие, которые могут работать при температурах ниже -60˚С.

В летнее время кроме всесезонных применяют более дешевые масла, например, веретенные масла АУ и АУП и индустриальные И-12 и И-20. В то же время следует своевременно заменять масла в гидросистемах, так как приход низких температур в этих районах может быть внезапным.

Во всех случаях при выборе гидравлических жидкостей следует руководствоваться заводскими инструкциями на машину, так как они учитывают особенности конструкции гидравлических насосов и размер зазоров в элементах гидросистем. В инструкциях могут рекомендоваться и заменители, использование которых не всегда полезно. Например, при получении большого количества импортной техники при строительстве БАМа разными НИИ разрабатывались рекомендации по замене импортных гидрожидкостей, которые не всегда отвечали требованиям работы гидросистем в условиях БАМа, поэтому строители старались использовать заменители в крайних случаях. Примером важности использования рекомендованных масел служит эксплуатация экскаваторов ЭО-5122. При использовании масла ВМГЗ не всегда обеспечивается надежная работа

сервоуправления – запаздывает срабатывание элементов управляющей аппаратуры, поэтому в зимнее время приходилось использовать масло АМГ-10.

Для обеспечения безопасной работы гидросистем следует избегать смешивания различных марок гидрожидкостей и тщательно промывать гидросистемы при замене масел, так как при смешивании масел может возникнуть активное пенообразование, нарушающее нормальную работу гидросистем. По этой же причине не допускается разбавлять зимой гидравлические жидкости бензином, дизельным топливом или авиационным керосином.

Для обеспечения нормальной работы гидросистемы рабочая жидкость должна быть прогрета до состояния теплового равновесия (+10…-30˚С). На это затрачивается от 30 мин до 2 ч в зависимости от объема гидравлической системы, ее компановки и условий работы, скорости охлаждения жидкости в баке, наличия радиаторов охлаждения рабочей жидкости. При холодной жидкости резко снижается скорость рабочих движений.

Первоначально прогрев ведется на холостой работе насосов со сливом рабочей жидкости в бак. Включать насосы следует при минимальной частоте вращения двигателя, так как уменьшение ее в период пуска на 40-50% номинального значения увеличивает прокачиваемость рабочей жидкости по уровню вязкости в 2-3 раза. Частота вращения насосов (в $с^{-1}$) при начале прогрева при температуре -40˚С и ниже не должна превышать для шестеренных насосов 1500, для пластинчатых – 1200 и для аксиально-поршневых - 1000.

Для сокращения времени разогрева и расширения температурных границ применимости масел используют различные способы принудительного прогрева. Не допускается подогрев масла в баке открытым пламенем, так как это приводит к испарению легких фракций и

закоксовыванию, следствие чего является повышение температуры ее застывания и отложение смол в каналах гидравлических агрегатов.

Наиболее простой способ прогрева – холостое прокачивание масла через перепускной клапан с дросселированием. Однако при этом может возникать разрежение во всасывающей магистрали, предотвратить которое можно применением инжекторного подпора. Этот способ позволяет резко сократить время, а подготовку гидравлической системы, обеспечивая устойчивое избыточное давление во всасывающей магистрали при всех режимах работы насоса.

Принудительный обогрев масла можно выполнять непосредственно в баке или в специальных теплообменниках, устанавливаемых на всасывающей магистрали. Для этого используются электронагревательные элементы (ТЭНы), встраиваемые в бак, а также применяется обогрев выхлопными газами двигателя, инфракрасными горелками, каталитическими печами и другими способами, исключающими открытый огонь.

ТЭНы встраиваются в баки или теплообменники при изготовлении машин в северном исполнении или при подготовке машин к работе зимой в строительных организациях. Устройство обогрева рабочей жидкости выхлопными газами, пропускаемыми через специальные поддоны или пакеты труб, выполняется только эксплуатирующими организациями. В теплообменниках рабочая жидкость может подогреваться газовыми инфракрасными горелками типа ГИИВ-1 и др. Горелка ГИИВ-1 обеспечивает нагрев рабочей жидкости в теплообменнике вместимостью 3 л. Подогрев проводится при холостой работе двигателя.

Для подогрева масляных баков применяются также взрывобезопасные каталитические печи, работающие на бензине. Принцип их работы заключается в беспламенном сжигании паров бензина в присутствии катализатора – солей платины. Реакция происходит при температуре 200-370^{o}C, что обеспечивает пожарную безопасность. Печь состоит из

резервуара, заполненного минеральной ватой, куда заливается бензин. По фитилю бензин поступает к горелке, состоящей из двух сеток, между которыми находится слой платинированного асбеста и чистого асбеста. На этот слой наливают немного спирта и поджигают. Платинированный асбест нагревается, проходящие через него пары бензина сгорают без пламени. Мощность печей составляет 2-4 кВт, что обеспечивает довольно быстрый прогрев масла в баке или теплообменнике.

При использовании любого из способов прогрева гидравлической жидкости необходимо обеспечивать, обогрев масляных фильтров, иначе там может происходить интенсивное намерзание конденсата.

Кроме предпускового прогрева гидравлической жидкости, для поддержания необходимого теплового режима работы гидросистемы и обеспечения оптимальной вязкости масел применяют обогрев или утепление масляных баков, гидрораспределителей и клапанов, особенно для тех машин, где это оборудование не закрыто капотами, например, в автогрейдерах и бурильных машинах. Особенно это важно для электроуправляемой гидравлической аппаратуры.

Второй фактор, обеспечивающий надежность работы гидравлической системы, - чистота рабочей жидкости. Применяемые в гидросистемах пластинчатые фильтры дают тонкость очистки 125-200 мкм, а магнитные фильтры ФМ и ФМС – порядка 50 мкм, что значительно превышает допустимую заводами-изготовителями (25 мкм) и ISO 4406.

Для повышения качества очистки рабочей жидкости на некоторых экскаваторах и других машинах устанавливают центрифуги. Теме не менее при замене масла в гидросистеме следует проводить его предварительную очистку от примесей и воды. Для обезвоживания масла зимой его выдерживают в течение нескольких суток на морозе. При этом содержащаяся в нем вода превращается в лед. После вымораживания масло сливают в заправочную емкость.

На работу гидросистем зимой сильно влияет уменьшение или потеря эластичности, а также хладноломкость резиновых изделий – уплотнений и рукавов. Это относится и к полимерным уплотнениям. Поэтому зимой следует применять предупредительные меры для предохранения уплотнений и рукавов от повреждений. С этой целью штоки гидроцилиндров очищают от льда и грязи, закрывают их брезентовыми чехлами. Рабочие органы рекомендуется включать только после прогрева гидрожидкости, разбирать и собирать гидроцилиндры и аппаратуру следует в теплом помещении только после ее прогрева. Следует предохранять рукава от резкого изгиба и скручивания, не допускать появления гидроударов.

Рекомендуется на машинах в исполнении «У» заменять резинотехнические изделия в гидро- и пневмосистемах на изготовленные из морозостойких резин, работоспособность которых обеспечивается до -60^{o}C, на этих изделиях отличительным признаком является зеленая полоса или точка на поверхности изделия. Применение таких уплотнений резко сокращает число отказов этих систем.

Одной из проблем, которая резко обостряется в зимнее время, является поиск причин полного или частичного отказа гидросистемы. Основные виды отказов – отсутствие или снижение рабочего давления, неравномерное движение рабочих органов или отказ работать под нагрузкой, снижение скорости рабочих операций – движения штоков гидроцилиндров или уменьшение скорости вращения гидромоторов, появление пены в маслобаке, появление пены в маслобаке с выбросом через сапун, шум при работе гидросистемы и другое. В случае явного отказа (изгиб штока гидроцилиндра, обрыв рукава высокого давления, повышенная утечка рабочей жидкости через уплотнения) первая часть задачи решается достаточно просто. При отмеченном выше неявном отказе, то есть отказе, причина которого неясна и может иметь несколько вариантов, необходима проверка элементов гидросистем с целью определения места неисправности.

Поиск неисправностей методом «научного тыка», как правило, не дает результатов. Поэтому рекомендуется подходить к этому поиску системным методом с использованием комплекта приборов, имеющегося в мастерской технического обслуживания, по предлагаемой схеме (рис. 1.2).

Схема предусматривает последовательную проверку всех элементов гидросистемы по ходу рабочей жидкости. Проверка начинается с гидробака, после чего последовательно проверяются всасывающая магистраль, гидрораспределители, исполнительные органы и основной фильтр гидросистемы. При этом элементы могут проверяться как на машине с помощью приборов, так и снятые с машины с помощью специальных стендов – гидрораспределители, насосы и гидромоторы.

Самое простое – это использование для поиска неисправностей дросселей-расходомеров, которые позволяют проверять основные источники неисправностей – насосы, гидрораспределители и гидроклапаны.

Причиной потери подачи рабочей жидкости насосом может быть для шестеренных насосов износ шестерен или перетечки между качающим блоком и крышкой, неисправность обратного клапана. Для аксиально-поршневых насосов – это износ пары блок цилидров-поршень, перетечки в зазоре между блоком цилиндров и распределителем из-за износа распределительной шайбы. У гидрораспределителей основной причиной отказа является заклинивание золотников частицами грязи или металла и износ седел перепускных клапанов. Возможно примерзание клапанов и золотников гидрораспределителей. Одна из причин плохой работы гидросистемы – загрязнение сливного фильтра или замерзание в нем воды.

Наиболее часто встречающиеся неисправности и отказы приведены в таблице 1.2.

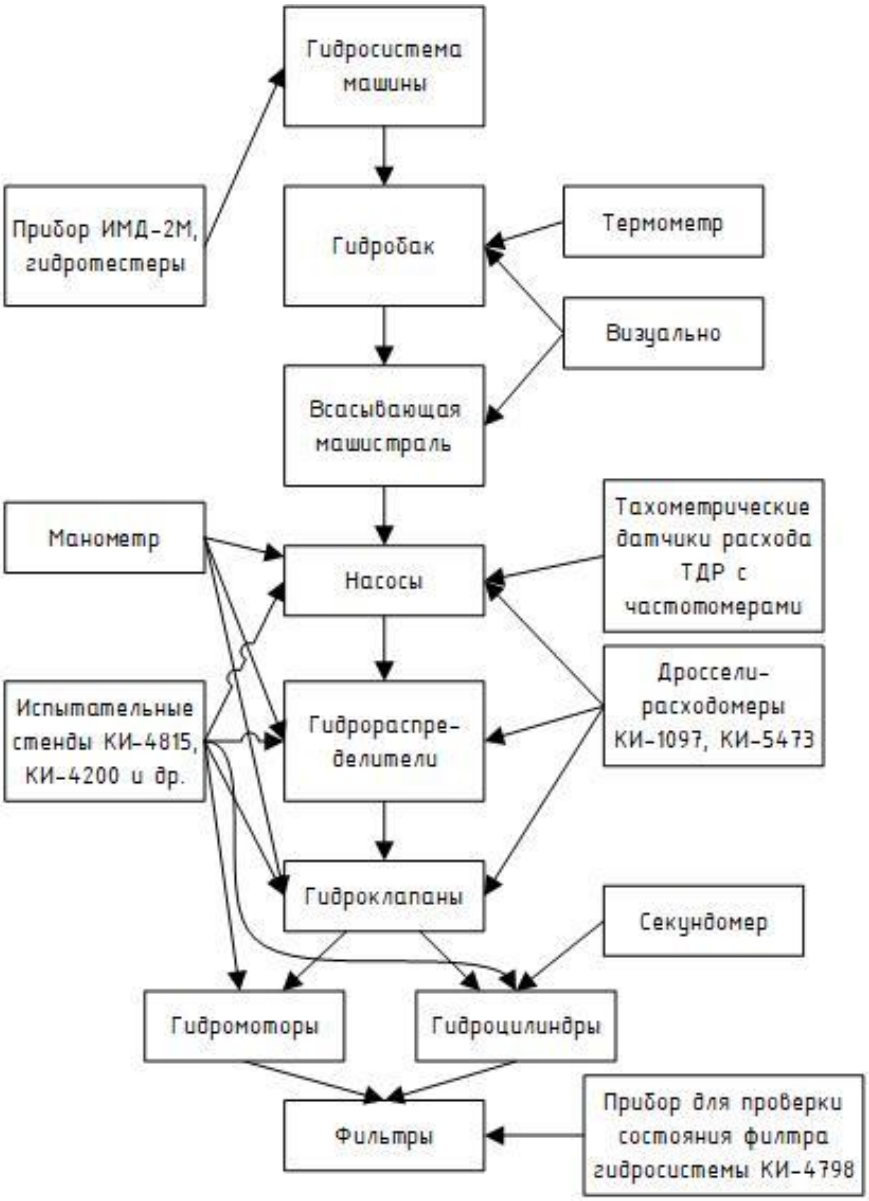


Рис. 1.2. Схема определения технического состояния элементов гидросистемы

Таблица 1.2. Возможные неисправности в работе гидропривода, их признаки и способы устранения.

Признак неисправности	Неисправность	Способ устранения
1. Насос не подает рабочую жидкость (РЖГ) или подает в недостаточном количестве	1.1. Неисправен привод насоса 1.2. Неправильное направление вращения насоса 1.3. Повышенный износ насоса 1.4. Всасывание воздуха из-за недостатка РЖГ в баке,	1.1. Проверить привод и отремонтировать 1.2. Переключить направление вращения или заменить насос 1.3. Заменить насос 1.4. Проверить уровень РЖГ в баке и долить до уровня, проверить всасывающий

	нарушения герметичности всасывающего трубопровода или износа манжеты шестеренного насоса	трубопровод, выпустить воздух из гидросистемы
	1.5. Высокая вязкость РЖГ	1.5. Прогреть РЖГ или заменить менее вязкой
2. Работа гидросистемы сопровождается повышенным шумом	2.1. Наличие воздуха в гидросистеме	2.1. См. п. 1.4
	2.2. Плохо закреплены элементы гидросистемы	2.2. Проверить и закрепить
	2.3. Вибрация запорных элементов клапанов	2.3. Отрегулировать или заменить клапана
3. Перегрев рабочей жидкости гидросистемы	3.1. Недостаточный уровень РЖГ в баке	3.1. Долить РЖГ до уровня
	3.2. Отключение маслоохладителя или перелив РЖГ через перепускной клапан	3.2. Включить маслоохладитель, отрегулировать клапан
	3.3. Применение РЖГ повышенной или пониженной вязкости	3.3. Заменить РЖГ рекомендуемой
	3.4. Увеличение потерь мощности из-за износа элементов гидрросистемы	3.4. Проверить исправность, заменить или отремонтировать неисправные элементы
	3.5. Увеличение гидравлического сопротивления из-за засорения фильтров	3.5. Проверить фильтр прибором, промыть или заменить фильтроэлементы
4. Неравномерное движение штока гидроцилиндра	4.1. Наличие воздуха в гидросистеме	4.1. См. п. 1.4
	4.2. Погнут шток, повреждены стенки гидроцилиндра или уплотнения поршня	Отремонтировать или заменить неисправный элемент
	4.3. Предохранительный клапан отрегулирован на давление, близкое к Рабочему	Отрегулировать предохранительный клапан на давление срабатывания выше рабочего на 1,0 МПа
5. Самопроизвольное опускание рабочих органов	5.1. Износ уплотнений гидроцидиндра	5.1. Заменить уплотнение
	5.2. Износ золотниковой пары	5.2 Отремонтировать гидрораспределитель
Признак неисправности	Неисправность	Способ устранения
6. Повышенное давление в гидросистеме	6.1. Нарушена регулировка предохранительного клапана	6.1. Отрегулировать клапан
	6.2. Загрязнение фильтров	6.2. См. п. 3,5
	6.3. Высокая вязкость РЖГ	6.3. См. п. 1.5
7. Появление пены в баке, выброс РЖГ через сапун	7.1. Мал или велик уровень РЖГ в баке	7.1. Проверить уровень и довести до нормы

	7.2. Подсос воздуха насосом	7.2. См. п. 1.4
8. Не переключается золотник гидрораспределителя	8.1. Защемление золотника из-за попадания грязи или механических частиц	8.1. Разобрать и промыть золотник
	8.2. Отказ пружины или фиксатора золотника	8.2. Отрегулировать или заменить неисправный элемент
	8.3. Засорен дренаж	8.3. Проверить дренаж
9. Мала скорость рабочих операций	9.1. Мала производительность регулируемого насоса из-за неправильной установки регулировочного винта или поломки одной из регулировочных пружин	9.1. Подтянуть винт регулировки минимального расхода, заменить пружину регулятора мощности
	9.2. Мала производительность нерегулируемого шестеренного насоса	9.2. Проверить насос на стенде или дросселем-расходомером
	9.3. Большие перетечки РЖГ из-за износа перепускного клапана	9.3. Отремонтировать клапан
	9.4. Износ распределительной шайбы аксиально-поршневого насоса	9.4. Ремонт аксиально-поршневого насоса
10. Уменьшение скорости вращения гидромотора	10.1. Повреждение уплотнения на упорном кольце и диске распределителя, износ диска (шайбы) распределителя и поршней	10.1. Заменить уплотнения, при наличии износа отправить гидромотор в ремонт
11. Не вращается вал высокомоментного гидромотора	11.1. Заклинивание поршня в цилиндре, повреждение пружины поршня	11.1. Разобрать гидромотор и заменить поврежденные детали
	11.2. Перекос поводкового валика, царапины на трущихся поверхностях	11.2. Заменить поводковый валик или детали распределителя

При оценке технического состояния гидросистемы в целом выявляют наличие наружных утечек, шумов и стуков, вспенивания рабочей жидкости в гидробаке, проверяют уровень и температуру рабочей жидкости, усилие на рукоятках управления, плавность перемещения рабочих органов и отсутствие рывков при движении штоков и повороте. Как отмечалось выше, это позволяет определить, исправна или неисправна гидросистема в целом, но не всегда позволяет найти причины неисправности. Иногда при холостой проверке все системы работают нормально, а при нагрузке происходит отказ

– низкая скорость работы рабочих органов или отказ работы под нагрузкой. Для работы с непрогретой рабочей жидкостью при низких температурах воздуха это явление наблюдается достаточно часто. Причиной может быть примерзание запорных клапанов гидроцилиндров и повышенная жесткость резиновых уплотнений поршня и штока и др. Очень важна чистота рабочей жидкости и соответствие ее вязкостных показателей рабочим температурам, отсутствие пены в гидробаке.

Особенность работы землеройных машин в летнее время – запыленность, которая ведет к быстрому загрязнению РЖГ. Загрязненная рабочая жидкость кроме нарушения работы гидрораспределителей и клапанов быстро делает неработоспособным фильтр гидросистемы. Состояние фильтра проверяют путем прокачивания через него РЖГ на слив, измеряя при этом давление в сливной магистрали дроссель-расходомером.

Дроссель-расходомеры выпускаются на различный расход и давление. Например, прибор КИ-5473 рассчитан на максимальный расход 90 л/мин и давление 25 МПа. Для экскаваторных аксиально-поршневых насосов, где расход существенно выше, для проверки с помощью этого прибора отбирают фиксированную часть потока с помощью специального прибора – делителя потока, или используют два-три параллельно подключенных прибора. Эти приборы обычно тарированы на определенную вязкость и температуру РЖГ, поэтому, если параметры РЖГ на машине существенно отличаются, то необходим пересчет.

Техническое состояние насосов и гидромоторов может также оцениваться по вибрации, которая у неисправных агрегатов значительно больше и имеет больший диапазон частот. Для ее измерения применяются приборы ИМД-2М и ЭМДП-3. Последний прибор позволяет также измерять температуру рабочей жидкости и частоту вращения насоса.

В гидрораспределителях проверяются утечка рабочей жидкости, давление срабатывания перепускного и предохранительного клапанов, работа автомата возврата золотников нейтральное положение.

Основным показателем, характеризующим техническое состояние гидрораспределителей, являются внутренние утечки. Утечка жидкости через золотниковую пару не должна превышать 3 $см^3$/мин для распределителя Р-75 и 9 $см^3$/мин для распределителя Р-150, утечки для экскаваторных и крановых распределителей с условным проходом 20, 25 и 32 мм не должны превышать соответственно 50, 75 и 100 $см^3$/мин. Превышение этих значений свидетельствует об износе золотников или корпусов. Определение утечек производится на машине с помощью дроссель-расходомеров или на стендах в ремонтных мастерских.

Для измерения утечек дроссель-расходомер подсоединяют к распределителю вместо одного из гидроцилиндров. Затем, включив подачу РЖГ, определяют ее расход при заданном давлении, который должен быть равен измеренной ранее подаче насоса. Разница между этими показателями дает значение утечки. Аналогично проверяется давление срабатывания предохранительного клапана.

У распределителей гидравлических экскаваторов и кранов утечки по зазорам золотников проверяют в условиях мастерских на специальных стендах при нейтральном положении золотников. РЖГ подается поочередно к каждому из золотников при заглушенных выходах. Величина утечки определяется по сливу в мерный сосуд в течение 2 мин.

Герметичность обратных клапанов напорных секций проверяется подводом РЖГ при включенном золотнике. Отвод сливной секции соединяется с баком, а напорная секция – с мерным сосудом. Утечки, замеряемые в течение 2 мин, не должны превышать 10 $см^3$/мин.

Гидроцилиндры проверяют на машине следующим образом. Штоковая полость заполняется рабочей жидкостью и глушится, к поршневой полости

подается номинальное давление. В результате разности рабочих площадей создается усилие, которое при изношенных манжетах будет перемещать поршень. По скорости перемещения поршня судят о техническом состоянии гидроцилиндра.

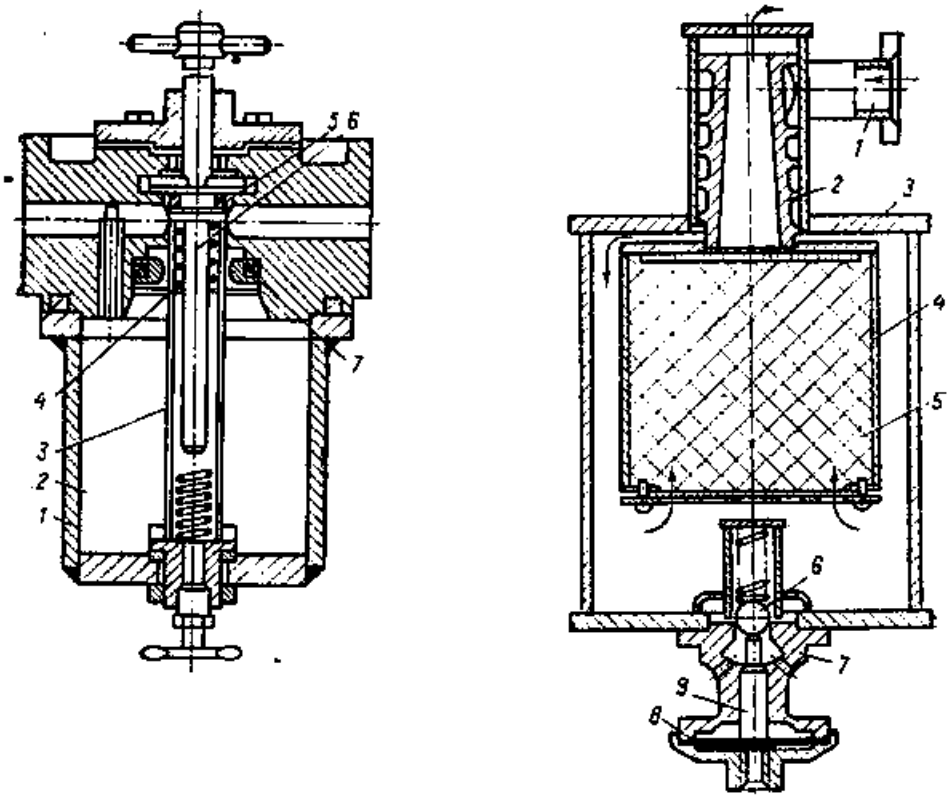
Следует отметить, что при низких температурах поиск неявных неисправностей сильно затруднен. Поэтому машину стараются закрыть специальной палаткой и прогреть теплогенератором при невозможности ее подачи в инвентарное здание или сооружение.

1.3. Обеспечение работы пневматической системы при низких температурах

Основная причина отказов пневматических систем зимой – замерзание конденсата, начинающееся при температуре -5˚С. При сжатии воздух нагревается в компрессоре до 100-130°С и имеет на выходе относительную влажность 6-10%. При охлаждении в ресивере до температуры окружающей среды из воздуха обильно выделяется влага, замерзающая зимой на стенках трубопроводов, в золотниках и пневматических камерах. В результате образуются ледяные пробки в трубопроводах, примерзают золотники и штоки пневматических камер. Чтобы предотвратить это явление для понижения температуры замерзания конденсата распыляют спирт, осушают или дополнительно подогревают воздух.

Для этой цели на строительных машинах с пневмоуправлением, а также на автосамосвалах, думперах и автогрейдерах, предназначенных для работы на Севере, устанавливают распылители спирта – эксикаторы или спиртовые осушители. Эксикатор врезается в воздухопровод, из которого воздух проходит по каналу А корпуса 1 эксикатора (рис. 1.3а). Спирт заливают в резервуар 2 через отверстие, закрываемое пробкой со щупом. По фитилю 3, натянутому на пружину 4, спирт поднимается вверх и испаряется

в струе проходящего в канале воздуха. Насыщение воздуха спиртом регулируют с помощью клапана, выполненного в виде резинового кольца 5, надетого на шток 6. Шток фиксируется штифтом в одной из кольцевых выточек корпуса. При верхнем его положении, когда кольцо клапана находится в выточке корпуса, происходит наибольшее насыщение воздуха спиртом, при среднем – меньшее насыщение. В нижнем положении штока кольцо клапана поджимается к сальнику 7, закрывая поступление спирта из резервуара. Уровень спирта должен находиться между рисками на щупе.



а) б)

Рис. 1.3. Спиртовой осушитель (эксикатор) (А) и масловдагоотделитель (Б)
а. 1 – корпус; 2 – резервуар; 3 – фитиль; 4 – пружина; 5- резиновое кольцо; 6 – шток; 7 - сальник
б. 1- патрубок; 2 – спиральная насадка; 3 – корпус; 4 – фильтрующий элемент; 5 –кольца Рашига; 6 – кран; 7 – корпус клапана; 8 – диафрагма; 9 - перепускной клапан

Для обеспечения более эффективной работы распылителей спирта в пневмосистему включаются масловлагоотделители. Масловлагоотделитель

(рис. 1.3б) состоит из корпуса 3, фильтра 4, спиральной насадки 2 и устройства для автоматического сброса конденсата. Воздух, проходя через патрубок 1, закручивается спиральной насадкой до скорости 10-15 м/с. Капли масла и влаги под действием центробежных сил попадают на стенку корпуса 3 и стекают вниз, а воздух через фильтрующий элемент 4 выходит из масловлагоотделителя. Конденсат, собирающийся в нижней части корпуса 3, сбрасывается потоком сжатого воздуха через перепускной клапан 9, одновременно играющий роль регулятора давления в пневмосистеме.

Недостаток этого метода – токсичность применяемого спирта – технического этилового или денатурированного, что вызывает серьезные отравления при попытках использования этого спирта в качестве алкоголя. Поэтому стараются применять другие методы, в том числе осушку воздуха и дополнительный подогрев воздуха.

Система осушки воздуха, разработанная ВНИИСтройдормашем, состоит из холодильника, масловлагоотделителя и двух адсорберов. Воздух из компрессора охлаждается в холодильнике до температуры на 15-20°С выше, чем у окружающей среды, затем очищается в масловлагоотделителе от капель воды и масла, затем проходит окончательную очистку в одном из абсорберов. Осушенный воздух поступает в ресивер.

Во втором адсорбере в это время происходит регенерация адсорбента – силикагеля или синтетического цеолита. Для восстановления адсорбента через перепускной клапан 9 масловлагоотделителя через дроссель подается воздух, который нагревается трубчатым ТЭНом до температуры 220-270°С и активно отбирает влагу у адсорбента. Влажный воздух выходит в атмосферу. Процесс регенерации длится около 4-х часов, после чего адсорбер охлаждается сухим воздухом, поступающим через клапан 9. С рабочего режима на осушку адсорберы переключаются машинистом один раз в смену. Летом адсорберы отключают. По опыту эксплуатации в Якутии

автомобильных кранов, оснащенных этой системой, при температурах -60°С отказов пневмосистемы из-за намерзания конденсата не отмечено.

На ряде машин вместо охлаждения применяется дополнительный подогрев воздуха. Например, на экскаваторе ЭО-7111С обогревается компрессор и шкаф управления. На других машинах с пневмоуправлением для работы в условиях Севера ресиверы и воздухопроводы размещают в кузове машины, пневмокамеры заменяют пнемоцилиндрами, работающими более надежно при низких температурах. Устраивается обогрев охлаждающей жидкостью двигателя распределительных устройств с помощью дополнительного радиатора.

Для надежной работы пневмосистемы зимой необходимо ежедневно, а в сильные морозы 2-3 раза в смену спускать конденсат и масло из охладителя и ресиверов. Места ледяных пробок следует подогревать беспламенным способом. Применение открытого огня для прогрева гидро- и пневмосистем недопустимо это может приводить к появлению трещин, выходу из строя уплотнений, а также к нарушению безопасной работы систем.

1.4. Влияние условий Севера на работу электрооборудования

Низкие температуры оказывают меньшее влияние на работоспособность электрооборудования, чем на гидро- и пневмопривод, но с учетом широкого внедрения электроники в системы управления, на это влияние необходимо обращать серьезное внимание. Здесь важно учитывать влияние не только температуры, но и жесткости климата в целом.

Типовая номенклатура строительной техники с электрооборудованием, имеющей силовой электропривод и систему электроуправления, расширяется за счет техники, имеющей электронные датчики и компьютерную систему управления, которые должны быть приспособлены для работы в условиях минусовых температур. К таким машинам относятся стреловые

грузоподъемные краны, краны-трубоукладчики, козловые краны, подъемники, путевые машины, техника для бетонных работ, целый ряд землеройных машин и др.

Низкие температуры окружающей среды позволяет нагружать электродвигатели на 30-40% выше паспортной мощности, не опасаясь перегрева. При понижении температуры обмоток снижается их сопротивление, в результате чего после пуска двигатель работает на повышенных оборотах, что ведет к дополнительным нагрузкам на элементы конструкции машин.

Одна из причин отказов электрооборудования кранов с электроприводом – заиндевение и последующее обледенение коллекторов, контактных колец и подвижных контактов пускателей и контроллеров, заклинивание щеток в щеткодержателях, часто наблюдающихся при повышенной влажности воздуха.

Опасность обледенения требует предохранять от попадания снега и влаги внутрь электрических машин и в пускорегулирующую аппаратуру. Наблюдались случаи короткого замыкания во вводах в шкафы управления кранов из-за растрескивания изоляции и попадания влаги. Поэтому при подготовке электрооборудования к зимней эксплуатации необходимо герметизировать шкафы управления, защищать электродвигатели и генераторы от попадания внутрь снега и влаги, дополнительно изолировать пучки проводов на входах в шкафы управления, например, трубками из кремнийорганической резины. Перед пуском в работу машин постоянного тока следует проверить коллектор и щетки, удалить с них лед и иней, протереть коллектор бензином, проверить перемещение щеток в щеткодержателях.

Зимой необходимо настраивать систему автоматики ряда машин, так как при низких температурах уменьшается сопротивление управляющих обмоток магнитных усилителей, что ведет к увеличению токов усилителей и

нарушает нормальную работу механизмов. Дополнительно настраивают тепловые реле автоматов, так как при уменьшении температуры на каждые 10°С ток срабатывания увеличивается на 4-7%, а нормальная настройка делается при плюсовых температурах. Во всей пускорегулирующей аппаратуре смазка заменяется на литиевые смазки, например, ЦИАТИМ-221.

При низких температурах могут отказывать и другие электронные элементы, которые рассчитываются, преимущественно, для работы при плюсовых температурах, поэтому при использовании таких кранов на Севере следует проверять, на какую минусовую температуру рассчитана система управления кранами и другими машинами с электрогидроуправлением. На таких машинах при низких температурах усилий электромагнитов может быть недостаточно для перемещения золотников.

Проблему может составлять и работа датчиков и их усилителей при низких температурах. Например, при испытаниях поставленного фирмой КОНЕ контейнерного крана RTG в Лесном порту Санкт-Петербурга при температуре -20˚С отказал ограничитель грузоподъемности. По заводским нормам усилитель датчика грузоподъемности должен работать до температуры – 5˚С. Представитель фирмы КОНЕ утверждал, что шкаф, где установлены усилители, должен обогреваться. Однако, при посещении завода фирмы в г. Хюванкайе и изучении заводской документации, было установлено, что в шкафу предусмотрена только вентиляция для предупреждения перегрева, а обогрев отсутствует, что и было причиной отказа усилителей при морозе.

Особое внимание обращается на работу электрооборудования башенных кранов и используемых при строительстве нефтегазовых объектов и мостов гусеничных дизель-электрических кранов большой грузоподъемности. Следует отметить, что европейские и китайские краны рассчитаны в основном на температуру до -25˚С. Российские башенные краны рассчитаны на температуру -40˚С, ограниченно выпускаются краны в

северном исполнении, например, 8-тонный кран КБ-571Б Ржевского краностроительного завода выпускается в варианте до -56˚С. Китайские башенные краны, которые делают специально для России, например QTZ80, рассчитаны на эксплуатацию при температурах до -40˚С. Кстати, основные отказы китайских башенных кранов приходятся именно на электрооборудование. Следует отметить, что температурные ограничения распространяются как на металлоконструкции, так и на электрооборудование и автоматику. Одной из проблем работы современных систем электрооборудования строительных машин, особенно кранового электрооборудования, является обеспечение работы в зимнее время электроники.

В современных кранах начали широко применять асинхронные короткозамкнутые электродвигатели с частотным регулированием. Такая система позволяет существенно ограничить пусковые токи и токи останова, обеспечивает плавное нарастание и снижение скорости вращения электродвигателей, снижает электропотребление, не допускает перегрузок и обеспечивает сохранение заданного ресурса. В систему энергоснабжения дополнительно включаются преобразователи частоты (частотники), позволяющие изменить частоту тока со стандартных 50/60 Гц на 0,01-500 Гц.

Преобразователь частоты состоит из двух компонентов – силового блока и блока управления. В силовой блок входит диодный мост (выпрямитель), шины постоянного тока (конденсаторы) и инвертор (силовые IGBT транзисторы), которые преобразуют постоянный ток в переменный, генерируя импульсы определенной формы, что определяет частоту тока. Управляющий блок – микропроцессор управляет силовой платой, регулирует вращение электродвигателя и аварийно отключает его при перегрузках. Для стабилизации напряжения дополнительно на входе включают инверторные стабилизаторы. Преобразователи частоты работают в температурном режиме от 0 до +20˚С. Эти системы очень чувствительны к изменению температуры,

поэтому в шкафах предусматривается отопление и вентиляция для обеспечения температурно-влажностного режима в заданных пределах. Это следует учитывать при эксплуатации таких машин на Севере, где может потребоваться дополнительный обогрев шкафов зимой.

Примером гусеничного крана большой грузоподъемности, который используется для монтажных работ на Севере, может служить кран фирмы Либхер LR 1600/2 г/п 600 т с дизельным двигателем мощностью 503 л.с. Кран электрогидравлический, рассчитан на эксплуатацию при температурах от -42 до +42˚С, имеет сервоуправление с электронным синхронизирующим устройством, электронными ограничителями грузоподъемности и наклона крана. При более низких температурах эксплуатация этого крана без дополнительных мероприятий по обогреву шкафов недопустима из-за возможного отказа ограничителя грузоподъемности.

Подобные краны выпускаются, преимущественно, для работы в средней полосе. Хотя в документации и может быть указана в качестве допустимой температура - 40˚С, при меньших морозах с работой электроники этих кранов возникали проблемы. При более низких температурах, как показал опыт эксплуатации таких кранов при строительстве заводов в Заполярье, штатного обогрева шкафов оказывается недостаточно, требуется установка дополнительных ТЭНов и соответствующая регулировка системы управления отоплением и вентиляцией шкафов. Имеется также опыт замены преобразователей частоты инверторов на более мощные для обеспечения работы электродвигателей при низких температурах.

Одна из основных проблем эксплуатации строительной техники и автомобилей в зимнее время – обеспечение работоспособности аккумуляторов. Неподготовленность аккумуляторного хозяйства к работе зимой в первые годы развертывания работ на БАМе привела к массовому выходу аккумуляторов из строя, что создало трудности в эксплуатации автомобилей и строительных машин с запуском от электростартера.

Например, для заводки автосамосвалов КрАЗ «буксиром» применяли их толкание по схеме «кузов-кузов», в результате чего задняя часть кузова оказывалась смятой у обеих машин.

Работоспособность аккумуляторов зимой обеспечивается созданием в парках технических средств обслуживания, ремонта, хранения и зарядки аккумуляторов и реализацией следующих мероприятий: доведение плотности электролита до нормативных значений; утепление и обогрев аккумуляторных батарей; применение систем и приспособлений для внешнего запуска двигателей (выпрямительные и аккумуляторные тележки, стационарные выпрямители и др.); предпусковой подогрев двигателей или обогрев техники в межсменное время.

Ухудшение работы свинцовых аккумуляторов и выход их из строя зимой объясняется следующим. При понижении температуры работоспособность батарей снижается из-за увеличения вязкости электролита и ухудшения его доступа в поры активной массы. Понижение температуры электролита на один градус уменьшает емкость батареи на 1-2%. Таким образом, при понижении температуры с +20 до –40˚С емкость батареи уменьшается вдвое. При -30˚С аккумуляторы практически не принимают зарядку. В то же время потребный ток и продолжительность включения стартера зимой увеличиваются, что ускоряет разрядку батареи.

При разряде в порах пластин образуется вода, что приводит к снижению плотности электролита и повышению температуры его застывания примерно до -10˚С. Застывание электролита ведет к разрушению аккумуляторов – выпадает активная масса пластин и разрываются банки.

Температура застывания электролита зависит от его плотности и степени заряженности аккумуляторных батарей. Так, при плотности электролита 1,2 температура его замерзания -9˚С, при 1,23 - -40˚С, а при 1,32 - -64ºС. Норматив плотности дается для +15ºС.

Высокая плотность электролита ускоряет разрушение пластин, особенно летом, поэтому необходимо поддерживать минимальную плотность электролита, исключающую его застывание. Зимой в связи с повышенным расходом электроэнергии применяют увеличение зарядного напряжения с 13,5 до 15В для усиленной подзарядки аккумуляторов. Для этого регулировочный винт реле-регулятора ставится в положение «зима». Увеличение зарядного тока не должно превышать 1,5В, так как большее его повышение может привести к разрушению активной массы пластин.

Для нормальной работы аккумуляторов их утепляют или обогревают. Такие устройства предусмотрены на всех машинах в северном исполнении. Батареи помещают в ящики или отсеки, утепленные войлоком или пенопластом. На ряде машин выполнялся предпусковой (экскаватор ЭО-4111БС) или постоянный (автомобиль-самосвал «Магирус 290D») обогрев аккумуляторных батарей теплым воздухом. На многих машинах в северном исполнении аккумуляторы располагают в отапливаемой кабине машиниста. На строительстве БАМа аккумуляторы на автомобилях УАЗ, ГАЗ и ЗИЛ переносили в зимнее время в кабину.

При использовании на Севере строительных машин и автомобилей, предназначенных для работы в умеренном климате, зимой аккумуляторы защищают от охлаждения войлочными чехлами, минеральной ватой или пенопластом, устраивают их обдув теплым воздухом из подкапотного пространства двигателя. Наиболее тщательно нужно утеплять верхнюю часть аккумуляторной батареи, так как 80% тепла теряется через клеммы и межэлементные перемычки и только 20% через боковые и нижнюю поверхности банок. После утепления плюсовая температура может держаться в течение 10-12 ч.

Для использования при низких температурах выпускались аккумуляторы со встроенным электроподогревом. Для сохранения

аккумуляторов рекомендуется при низких температурах использовать для запуска двигателей внешние источники постоянного тока.

Литиево-ионные аккумуляторы, которыми частично заменяют в настоящее время свинцовые аккумуляторы, имеют тепловой диапазон штатной эксплуатации в пределах -20…+50˚С. При низких температурах емкость аккумуляторов существенно снижается, так, при температуре -20˚С емкость снижается на 30%. Соответственно снижается и отдача аккумуляторов, при этом наибольшие потери идут при небольших расходах, разряд увеличенным током способствует быстрому нагреву аккумуляторов и увеличению отдачи. Зарядка при температуре -20˚С недопустима. Кроме стандартных, применяются высокотоковые аккумуляторы, которые при низких температурах показывают лучшие результаты.

Для эксплуатации при очень низких температурах существуют литиево-ионные аккумуляторы с внутренним подогревом. Во всех случаях рекомендуется при работе машин при минусовых температурах утеплять аккумуляторы и, при возможности, обеспечивать их обогрев.

ГЛАВА 2. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ СЕВЕРА

2.1. Нормативные требования к машинам северного исполнения и их конструктивные особенности

Основным документом, который определяет, как должна работать техника в суровых климатических условиях, является ГОСТ 15150-69 [31]. Этот стандарт устанавливает правила для всех технических изделий, предназначенных для различных климатических зон.

Для северных территорий предусмотрены два ключевых климатических исполнения:

Исполнение УХЛ (умеренно-холодное) подходит для районов с умеренным и холодным климатом. Согласно стандарту, к холодным климатическим районам относятся территории, где средняя из ежегодных абсолютных минимумов температуры опускается ниже -45°С. В России такая граница проходит от побережья Северного Ледовитого океана через реки Вычегда, Обь, Иртыш, охватывая Якутию, Магаданскую область и Чукотку.

Исполнение ХЛ (холодное) рекомендуется для техники, которая будет работать исключительно в районах с холодным климатом, когда экономически нецелесообразно использовать ее в других условиях.

ГОСТ 15150-69 делит условия эксплуатации на пять категорий в зависимости от места размещения техники в воздушной среде (рис. 2.1) [31]:

Исполнение изделия	Категории изделий	Значение температуры воздуха при эксплуатации, °С			
		Рабочее		Предельное рабочее	
		верхнее	нижнее	верхнее	нижнее
У, ТУ	1; 1.1; 2; 2.1; 3	+40	-45*	+45	-50*
	3.1	+40	-10*5	+45	-10*5
	5; 5.1	+35	-5	+35	-5
ХЛ	1; 1.1; 2; 2.1; 3	+40	-60	+45	-70
	3.1	+40	-10*5	+45	-10*5
	5; 5.1	+35	-10	+35	-10
УХЛ	1; 1.1; 2; 2.1; 3	+40	-60	+45	-70
	3.1	+40	-10*5	+45	-10*5
	4	+35	+1	+40	+1
	4.1	+25	+10	+40	+1
	4.2	+35	+10	+40	+1
	5; 5.1	+35	-10	+35	-10

Рис. 2.1. Соотношение исполнение изделий и категорий изделий с целью определения температурного диапазона при эксплуатации

Категория 1 – работа на открытом воздухе, где техника подвергается полному воздействию климатических факторов;

Категория 2 – размещение под навесом или в неотапливаемых помещениях;

Категория 3 – эксплуатация в закрытых помещениях с естественной вентиляцией;

Категория 4 – работа в отапливаемых или кондиционируемых помещениях;

Категория 5 – встроенные элементы в герметичных объемах.

Для транспортно-технологических машин, работающих на открытом воздухе (категория 1), стандарт устанавливает следующие температурные диапазоны [31]:

Для исполнений УХЛ1 и ХЛ1:

- Рабочая температура: от +40°С до -60°С;
- Предельная рабочая температура: от +45°С до -70°С;
- Изменение температуры за 8 часов: до 40°С.

Предельные значения применяются для кратковременной эксплуатации (не более 6 часов для верхних значений и 12 часов для нижних). Для поверхностей, нагреваемых солнцем, верхнее значение увеличивается на 15°С для белого цвета и на 30°С для других цветов [31].

Помимо температуры, стандарт учитывает комплекс климатических воздействий.

Влажность воздуха: для исполнений УХЛ и ХЛ категорий 1-3 верхнее значение относительной влажности составляет 100% при +25°С, что предполагает возможность конденсации влаги. Для исполнения ХЛ среднегодовое значение – 85% при температуре -6°С [31].

Атмосферное давление: верхнее рабочее значение – 106,7 кПа (800 мм рт.ст.), нижнее – 84,0-86,6 кПа (630-650 мм рт.ст.) для высот до 1000 м.

Ветровая нагрузка: верхнее предельное значение скорости ветра – 50 м/с.

Коррозионно-активные агенты: для исполнений УХЛ и ХЛ предусматривается эксплуатация в атмосфере типов I-II с содержанием сернистого газа до 250 мг/(м²×сут).

ГОСТ 15846-2002 «Продукция, отправляемая в районы Крайнего Севера» устанавливает специальные правила для упаковки, маркировки, транспортировки и хранения техники [32]. Оборудование, эксплуатируемое на открытом воздухе, поставляется без упаковки или с частичной защитой обработанных поверхностей, резьбовых соединений и выступающих деталей. При этом машины должны иметь приспособления для механизированной погрузки-разгрузки (рым-болты, скобы, строповочные отверстия).

Обозначение климатического исполнения включается в маркировку изделия. Например, экскаватор для открытых работ в холодном климате обозначается как «Модель-ХЛ1».

Конструктивные особенности транспортно-технологических машин северного исполнения. Адаптация техники к экстремально низким

температурам требует комплексного подхода к проектированию всех ключевых систем. Академические исследования и практический опыт выявили семь основных групп конструктивных особенностей машин северного исполнения.

1. Двигательная установка и системы запуска.

Проблема холодного пуска становится критичной при температурах ниже -30°С. Исследования показывают, что при -40°С вязкость моторного масла увеличивается в 5-7 раз, а емкость аккумуляторной батареи снижается на 40-50%. Это делает невозможным запуск двигателя без специальных систем подогрева [68].

Системы предпускового подогрева являются обязательным элементом машин северного исполнения. Применяются следующие типы:

Автономные жидкостные подогреватели мощностью 5-12 кВт (серии "Север", "Севермакс"). Принцип работы основан на сжигании топлива из бака машины для нагрева охлаждающей жидкости до 90°С. Расход топлива составляет 0,23-0,73 л/ч, максимальная потребляемая мощность от АКБ – 25-78 Вт.

Электрические подогреватели для предварительного прогрева масла и охлаждающей жидкости (при наличии внешнего источника питания).

Системы подогрева топливных фильтров и магистралей, предотвращающие парафинизацию дизельного топлива.

Арктическое дизельное топливо – специальный вид горючего с пониженной температурой застывания. Согласно ГОСТ, арктическое ДТ сохраняет текучесть до температуры -50°С, а при использовании депрессорных присадок (антигелей) – до -65°С. Температура помутнения арктического топлива составляет -34°С, предельная температура фильтруемости – максимум -44°С. Получается арктическое топливо смешением углеводородных фракций с температурой выкипания 180-330°С, что соответствует утяжеленным керосиновым фракциям [33].

Морозостойкие смазочные материалы: применяются синтетические моторные масла класса 0W-30 или 5W-30, сохраняющие текучесть при низких температурах. Для гидравлических систем используются специальные арктические масла на основе полиальфаолефинов (ПАО).

2. Гидравлические системы.

Гидравлические системы транспортно-технологических машин особенно чувствительны к низким температурам. При охлаждении вязкость гидравлических жидкостей возрастает, что приводит к снижению КПД насосов, увеличению нагрузки на привод и риску отказов.

Арктические гидравлические масла разработаны на основе синтетических ПАО базовых масел с добавлением высокотехнологичных модификаторов вязкости и беззольных противоизносных присадок. Характеристики арктических гидравлических масел (например, Arctic HVLP 32, Terran Arctic HVLP 32):

- Индекс вязкости: >150 (обычные минеральные масла имеют индекс ~95-100);
- Кинематическая вязкость при -30°C: около 750 мм²/с;
- Кинематическая вязкость при -40°C: около 2680 мм²/с;
- Температура текучести: до -60°C.

Масла обеспечивают эффективную работу гидравлических систем экскаваторов, тракторов, самосвалов и другой внедорожной техники в условиях Арктики.

Системы подогрева гидравлики включают электрические или жидкостные подогреватели гидробаков, поддерживающие рабочую температуру масла выше -10°C. Современные системы оснащаются автоматическим регулированием температуры.

3. Ходовая часть и движители.

Для обеспечения высокой проходимости на слабонесущих грунтах (снег, болота, тундра) применяются специализированные типы движителей.

Шины сверхнизкого давления (0,05-0,65 атм) являются ключевым конструктивным решением для колесных вездеходов северного типа. Наиболее распространенный типоразмер – 1600×700-635 мм. Благодаря низкому давлению шины «расплющиваются» по поверхности, создавая большое пятно контакта и снижая давление на грунт до уровня ниже, чем у стопы человека. Конструкция предусматривает:

- Морозостойкую резиновую смесь, сохраняющую эластичность до -60°C;
- Высокую устойчивость к проколам за счет толстых боковин;
- Ресурс до 50 000 км при работе на бездорожье.

Давление в шинах регулируется в зависимости от типа грунта: для твердых поверхностей используется 0,5 атм, для слабонесущих (болота, глубокий снег) – 0,2-0,3 атм.

Гусеничные движители с широкими лентами (до 1,7 м) обеспечивают устойчивость на крутых склонах и уверенное сцепление с замерзшим или заболоченным грунтом. Применяются морозостойкие уплотнения и смазки в гусеничном механизме.

Шарнирно-сочлененная рама – прогрессивное конструктивное решение, повсеместно применяемое в современных вездеходах и фронтальных погрузчиках. Узел сочленения состоит из двух секций рамы, соединенных шаровыми шарнирами и гидроцилиндрами поворота. Преимущества конструкции:

- Маневренность: угол складывания до 45° обеспечивает минимальный радиус разворота, критичный в стесненных условиях;
- Проходимость: секции могут отклоняться относительно друг друга в вертикальной плоскости, сохраняя контакт всех колес с грунтом при переезде крупных неровностей;
- Равномерное распределение нагрузки: повышение удельной мощности и снижение нагрузки на раму.

Современные узлы сочленения изготавливаются с применением топологической оптимизации, что обеспечивает минимальную массу при максимальной прочности.

4. Кабина и системы жизнеобеспечения.

Обеспечение комфортных и безопасных условий для экипажа – важнейший аспект конструкции машин северного исполнения.

Термоизоляция кабины: применяются многослойные теплоизоляционные материалы толщиной 40-50 мм (вместо стандартных 25 мм). Наиболее эффективным утеплителем является вспененный полиэтилен.

2.2. Специфика линейных объектов в экстремальных условиях и функциональная структура парка машин на данных объектах

Строительство магистральных и промысловых трубопроводов, линейных частей промыслов, зимних автодорог и вахтовых маршрутов в районах Крайнего Севера относится к числу наиболее ресурсоёмких и организационно сложных видов строительной деятельности. Нормативные документы по строительству магистральных и промысловых трубопроводов в условиях многолетнемёрзлых грунтов (ВСН 013-88 и последующие руководства) исходно закладывают деление полного цикла работ на зимний и летний периоды с различным набором операций и, соответственно, различными требованиями к парку машин [24].

Летний период в зонах нестабильных грунтов, подвергающихся сезонному оттаиванию, преимущественно используется для подготовительных и вспомогательных операций: вахтово-базовое строительство, создание опорных и перевалочных баз, завоз труб и материалов водным и смешанным транспортом, заготовка грунта в резервах, а также ремонт и модернизация парка машин перед зимним «окном» линейных работ.

Зимой, при промерзании деятельного слоя и возникновении возможности перемещения тяжёлой техники по поверхностям с временно повышенной несущей способностью, вдоль трассы выполняются основные линейные операции: расчистка и планировка полосы отвода, устройство зимних технологических дорог (зимников), развозка секций труб, дорожных и строительных материалов, бурение скважин под сваи, устройство свайных и поверхностных опор, отсыпка насыпей и иных земляных сооружений.

Таким образом, климато-сезонная специфика и пространственная протяжённость объектов предопределяют как структуру, так и режим использования парка машин: парк ориентируется на пиковую нагрузку в зимний период, а его формирование увязывается с возможностью работы на мерзлых, снежных и водонасыщенных грунтах, а также с крайне ограниченной ремонтной и сервисной инфраструктурой в зоне трассы.

Функциональная структура парка машин для линейных объектов. Для строительства линейных объектов в экстремальных условиях Северной и Арктической зон РФ парк машин рационально рассматривать как совокупность функциональных групп, каждая из которых решает специфическую часть технологической цепочки [21].

Землеройно-планировочные машины. Базу парка составляют землеройные и планировочные машины: экскаваторы, бульдозеры, автогрейдеры, а также грунтовые (иногда комбинированные «грунт–снег») катки (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Основные типы землеройно-планировочных машин для линейных объектов на Севере

Тип машины	Основные функции	Применяемые модели/производители	Особенности северного исполнения
Бульдозеры гусеничные	Планировка полосы отвода, формирование насыпей, расчистка трассы	ЧЕТРА (Т-15, Т-25, Т-35, Т-40), Caterpillar, Komatsu	Северное исполнение УХЛ/ХЛ (-50°С), предпусковой подогрев, герметичные кабины, независимые отопители
Экскаваторы гусеничные	Разработка грунта, устройство траншей, котлованов под опоры	ЧЕТРА, XCMG, SANY, Komatsu, Caterpillar	Гидравлика на арктических маслах, подогрев систем, усиленная термоизоляция
Автогрейдеры	Профилирование и планировка зимников, дорог, выравнивание оснований	ЧЕТРА, китайские бренды (XCMG, LiuGong)	Системы подогрева гидравлики, морозостойкие уплотнения
Катки грунтовые и снежные	Уплотнение оснований зимников и дорог, формирование снежно-ледяных конструкций	ДМ-62 (14 т), импортные и китайские модели	Адаптация к работе при температурах до -40°С, уплотнение как грунтов, так и снега

Они обеспечивают:

- разработку и планировку полосы отвода;
- подготовку оснований под свайные или поверхностные опоры;
- формирование насыпей и выемок;
- подготовку и выравнивание «тела» зимников и временных дорог.

Машины для строительства и содержания зимников. Зимник в северных регионах выступает не только временной дорогой, но и критической составляющей логистической системы всего линейного объекта, обеспечивающей доступ тяжёлой техники, подвоз труб, строительных материалов, горюче-смазочных материалов и вахтовых смен (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Зимник, простилающийся в районе транспортного строительства ЯНАО

Таблица 2.2. Специализированная техника для строительства и содержания зимников

Тип машины	**Назначение**	**Производители/модели**	**Особенности применения**
Снегоочистители (шнекороторные, плужно-щеточные)	Расчистка трассы от снега, формирование проезда	Отечественные и импортные модели	Работа в условиях глубокого снега и низких температур
Ратраки специализированные	Уплотнение и профилирование снежного покрытия	PRINOTH EVEREST, PRINOTH BEAST	Высокая проходимость, формирование несущего слоя
Фронтальные погрузчики	Перемещение и отбрасывание снега, формирование обочин	Китайские (XCMG, LiuGong), российские (ЧЕТРА МКСМ)	Маневренность, работа в стесненных условиях
Гусеничные тракторы	Уплотнение оснований, восстановление покрытия снегом	Отечественные и импортные модели	Низкое удельное давление на грунт

Наличие отдельной группы машин, специализирующихся на зимниках, принципиально отличает парк для линейных объектов в северных регионах

от парка для аналогичных проектов в умеренной зоне, где доступ к трассе осуществляется по существующей круглогодичной дорожной сети (табл. 2.2).

Высокопроходимый транспорт вдоль трассы. В тундровых, лесотундровых и труднодоступных районах линейные объекты зачастую проходят по территориям, где отсутствует развитая сеть круглогодичных дорог, а грунтовые подъезды либо сезонны, либо технически невозможны. В этих условиях важнейшей частью парка становятся высокопроходимые машины (табл. 2.3):

Таблица 2.3. Высокопроходимый транспорт для линейных трасс в условиях Севера

Тип транспорта	**Грузоподъемность / Вместимость**	**Производитель/модель**	**Температурный диапазон**	**Особенности конструкции**
Двухзвенные гусеничные транспортеры	До 30 т	ДТ-30 "Витязь" (Ишимбайский завод, УВЗ)	До -60°C	Шарнирно-сочлененная конструкция, широкие гусеницы, преодоление болот и глубокого снега
Колесные снегоболотоходы на НД-шинах	4-6 т груза, 15-21 чел.	"СЕВЕР"/Severtrucks (30 машин/мес), "Север-Трак" (15 машин/мес)	До -60°C	Шины сверхнизкого давления 1600×700 мм, низкое давление на грунт, плавучесть
Гусеничные снегоболотоходы	Переменная	ТРЭКОЛ-Арктика (8×8), модификации	До -60°C	Алюминиевые корпуса, усиленная термоизоляция, автономное жизнеобеспечение

Проектные и нормативные документы по строительству трубопроводов в мерзлоте прямо предусматривают использование зимних технологических дорог и специальных вездеходов для развозки труб и материалов вдоль трассы, что отражается в требованиях к составу и численности парка.

2.3. Структура рынка и состояние парка строительных машин

Анализ современного состояния рынка дорожно-строительной техники в России показывает радикальное изменение структуры поставок после 2022 года (Рис. 2.3). Китайские производители заняли доминирующее положение, вытеснив европейские и американские бренды.

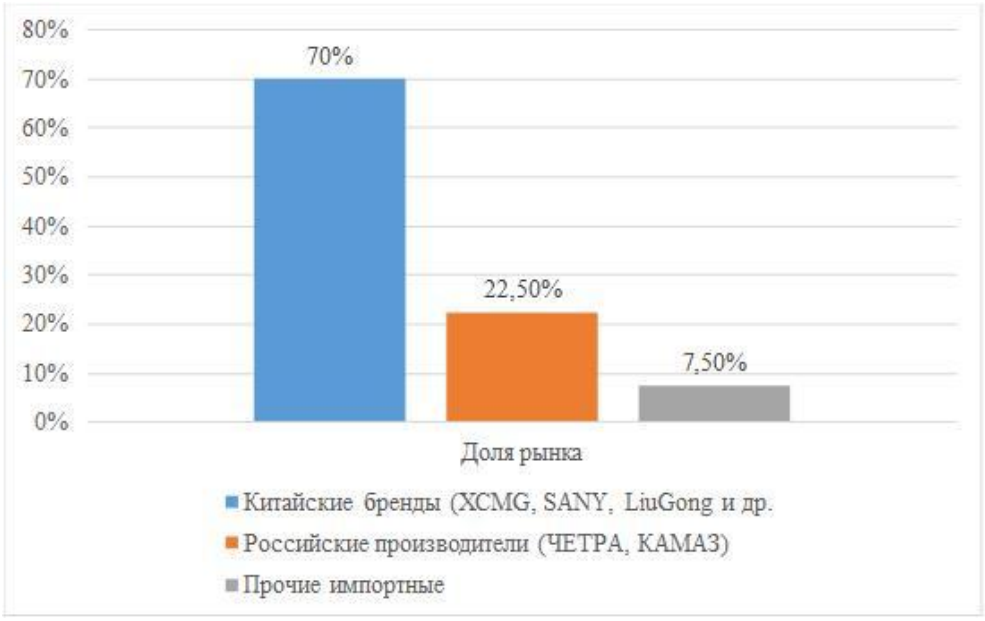


Рис. 2.3. Структура рынка дорожно-строительной техники в России по производителям (2024-2025 гг.)

По данным отраслевых исследований и аналитики "Газпромбанк Лизинга", к 2025 году китайские бренды (SANY, XCMG, LiuGong, Zoomlion, Shantui, Lonking) занимают около 70% рынка новой дорожно-строительной техники в России. Российские производители (ЧЕТРА, КАМАЗ и др.) удерживают 20-25% рынка, остальные 5-10% приходятся на прочие импортные поставки через третьи страны.

Основные российские производители для Севера.

1. ЧЕТРА (ООО ПК "Промтрактор"): крупнейший отечественный производитель тяжелой строительной техники (бульдозеры, трубоукладчики, гусеничные экскаваторы, погрузчики).

− Выпуск бульдозеров в 2024 году: планируется более 1500 единиц;

− Доля рынка бульдозерной техники: значимая, поставки на крупнейшие нефтегазовые проекты Заполярья;

− Особенность: стандартное северное исполнение (температурный диапазон от -50°С до +35°С) входит в базовую комплектацию.

2. КАМАЗ: лидер рынка тяжелых грузовиков (свыше 14 т), доля на рынке достигла 36% к концу 2024 года.

− Производство в 2024 году: свыше 54,6 тыс. единиц коммерческой техники (+3% к 2023 г.);

− Выпуск специализированной техники: самосвалы, седельные тягачи, шасси под спецоборудование.

3. Производители снегоболотоходов: "СЕВЕР"/Severtrucks (30 машин/мес), "Север-Трак" (15 машин/мес)

Ведущие мировые бренды на российском рынке (до и после санкций):

− Caterpillar (США) – мировой лидер (13,8% мирового рынка), ранее крупнейший поставщик экскаваторов, бульдозеров в РФ;

− Komatsu (Япония) – второй в мире производитель, значимые поставки экскаваторов и бульдозеров в РФ до 2022 г.;

− Китайские бренды: XCMG (автокраны, экскаваторы, катки), SANY (гидравлическая техника), LiuGong, Zoomlion – доминируют с 2023 г.

Оценки эксплуатационников: проблемы сервиса и надежности.

Профессиональные опросы владельцев и эксплуатантов строительной техники, проведенные отраслевым порталом Exkavator.ru, выявили системные проблемы с сервисом и надежностью. Ключевые проблемы эксплуатации (по данным опроса 2025 г.):

− 51,2% респондентов столкнулись с простоями техники из-за проблем с сервисом и дефицитом запасных частей;

− 59,8% эксплуатантов, сменивших бренд техники, отметили увеличение числа поломок;

− Наибольший рост отказов (41,5%) зафиксирован именно у дорожно-строительной техники (бульдозеры, грейдеры, экскаваторы).

Эти данные косвенно подтверждают необходимость:

− ориентации при выборе техники не только на технические характеристики и цену, но и на развитость региональной сервисной сети и доступность ЗИП;

− формирования парка с учётом вероятных простоев и обеспечения повышенного резерва по критически важным типам машин;

− интеграции в структуру проекта собственных сервисно-ремонтных мощностей, особенно на удалённых участках протяжённых трасс.

Преимущества техники ЧЕТРА для северных условий.

По информации производителя, техника ЧЕТРА имеет ряд конкурентных преимуществ для эксплуатации в условиях Крайнего Севера (табл. 2.4):

Таблица 2.4. Конкурентные преимущества техники ЧЕТРА для Севера

Параметр	**Характеристика**	**Обоснование**
Северное исполнение	Стандартная комплектация: температурный диапазон от -50°С до +35°С	Входит в базу без доплаты, включает двойное остекление, независимый и зависимый отопители, предпусковой подогрев ДВС, подогрев топлива
Стоимость эксплуатации	Ниже зарубежных аналогов премиум-сегмента	Удельная стоимость работы 1 м/ч и перемещения 1 м³ грунта оценивается ниже
Ремонтопригодность	Модульная конструкция узлов	Централизованная диагностика трансмиссии, точки диагностики в одном месте
Сервисная сеть	45 сервисных центров в России	Покрывает основные регионы эксплуатации, минимальные сроки сервисных работ
Гарантия	1 год без ограничения наработки или 2 года/3000 м/ч	Предоставляется стандартно без доплаты
Производственные мощности	Планируемый выпуск 2025 г.: >1500 единиц техники	Рост производства на 20%, освоение новых моделей экскаваторов, погрузчиков

Практическое применение: В 2024 году для одного из крупнейших нефтегазовых проектов России было поставлено более 100 бульдозеров ЧЕТРА, которые в условиях Заполярья уже ранее доказывали свою эффективность.

2.4. Особенности формирования и эксплуатации парка в экстремальных условиях

Сезонность работ в условиях многолетней мерзлоты и нестабильных грунтов определяет «оконный» характер использования парка: зимний период становится ключевым этапом, когда на трассе концентрируется максимальное число машин и механизированных бригад.

В летний период основной парк частично переводят на подготовительные и вспомогательные работы (на базах, на объектах инфраструктуры, на ремонт и модернизацию), что требует иной структуры загрузки и планирования ремонтов.

Дистанционность и слабая сервисная обеспеченность северных районов приводят к тому, что отказ одной ключевой машины (например, тяжёлого бульдозера, гусеничного транспортёра или автогрейдера на зимнике) способен заблокировать значительный участок трассы и вызвать срыв сроков, особенно в условиях короткого зимнего сезона.

Поэтому при формировании парка для линейных объектов в районах Крайнего Севера практикуется:

− резервирование по основным типам машин (как минимум 15–20% к расчётной потребности);

− включение в состав парка мобильных ремонтных средств и мастерских, способных выполнять диагностирование и текущий ремонт непосредственно в полосе отвода или на зимнике;

− создание опорных ремонтно-восстановительных баз вдоль трассы с учётом транспортной доступности в зимний период.

Учитывая, что более половины эксплуатантов (51,2%) сталкиваются с простоями из-за проблем сервиса, резервирование техники и создание собственных ремонтных мощностей становятся не опцией, а обязательным условием успешной реализации линейных проектов.

Аналитические обзоры рынка дорожно-строительной техники в России фиксируют высокий уровень физического и морального износа машин, значительную долю устаревшей техники, а также исторически высокую долю импортных машин (в частности, по экскаваторам доля зарубежных марок ранее превышала 70%).

Для северных линейных проектов это означает:

− повышенную вероятность отказов техники, не адаптированной к работе при низких температурах и в условиях мерзлоты;

− зависимость от импортной номенклатуры запасных частей и расходных материалов;

− необходимость завышенного норматива резервирования и увеличенного фонда времени на ремонт и восстановление.

Динамика рынка 2024-2025 гг.: По данным "Росспецмаша" и отраслевых аналитиков, рынок дорожно-строительной техники в 2025 году демонстрирует снижение на 45-50% по сравнению с 2024 годом из-за сокращения инвестиционной активности и высоких ставок финансирования. В этих условиях оптимизация существующего парка и повышение эффективности использования техники становятся критическими факторами.

Систематизация требований и практики эксплуатации позволяет сформулировать несколько ключевых положений, которые целесообразно учитывать при формировании парка машин для строительства протяжённых линейных объектов в условиях Крайнего Севера:

1. Функционально-групповой принцип построения парка: выделение групп землеройно-планировочных машин, техники для зимников, высокопроходимого транспорта и специализированных линейных машин, с учётом их взаимосвязи в рамках единого технологического процесса

2. Сезонная дифференциация задач и структуры загрузки парка: концентрация максимума ресурсов на зимний период и использование летнего сезона для подготовки базы, завоза материалов и проведения ремонтов.

3. Резервирование и ремонтопригодность как ключевые критерии формирования: учёт ограниченной доступности сервиса и высоких рисков простоя, подтверждённых опросами эксплуатационников (51,2% сталкиваются с простоями), требует целенаправленного завышения численности парка по основным типам машин и создания мобильной ремонтной инфраструктуры.

4. Учёт рыночной структуры и доступности запчастей: доминирование китайских производителей (70% рынка) при выборе техники требует анализа региональной сервисной сети, наличия складов ЗИП и опыта эксплуатации конкретных моделей в арктических условиях.

5. Приоритет техники с подтвержденной адаптацией к Северу: техника российских производителей (ЧЕТРА, КАМАЗ) со стандартным северным исполнением (температурный диапазон до -50/-60°С) и развитой сервисной сетью в регионах обеспечивает снижение рисков простоев и более низкую стоимость эксплуатации.

6. Опора на специализированных отечественных производителей высокопроходимой техники: наличие производственных мощностей по выпуску снегоболотоходов и гусеничных транспортеров, изначально адаптированных к условиям Арктики, создаёт предпосылки для уменьшения зависимости от импортной техники и повышения устойчивости логистики линейных проектов.

Такое понимание структуры и принципов формирования парка машин может служить основой для дальнейшего построения моделей оптимизации его состава, оценки надежности и разработки логистических схем технического обслуживания в рамках монографического исследования о строительстве и эксплуатации линейных объектов в условиях Крайнего Севера.

ГЛАВА 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

3.1. Основные принципы организации технического обслуживания строительной техники

Техническое обслуживание является элементом планово-предупредительной системы и представляет собой комплекс профилактических работ, проводимых с целью поддержания работоспособности и исправности машин или поддержания качества изделий. Задача технического обслуживания – предупреждение повышенного изнашивания деталей и сопряжений, отказов и повреждений машин.

Техническое обслуживание включает в себя моечно-уборочные работы, контроль технического состояния, смазочные работы, дозаправку рабочими жидкостями, крепежные и мелкие ремонтные работы, не связанные с разборкой машины.

В соответствии с назначением и объемом выполняемых работ техническое обслуживание подразделяется на следующие виды:

− ежесменное (ЕТО), выполняемое перед началом или после окончания рабочей смены;

− планово-периодическое (ТО-1, ТО-2 и т.п.), выполняемое через установленные заводами-изготовителями промежутки времени или наработки;

− сезонное (СО, СТО), проводимое два раза в год при переходе на осенне-зимний или весенне-летний периоды эксплуатации. СТО совмещается с одним из плановых ТО.

Периодичность проведения технических обслуживаний устанавливается заводами-изготовителями. Поскольку существует несколько

вариантов проведения номерных ТО в различных отраслях, периодичность может устанавливаться в соответствии с принятыми в этих отраслях нормами, но таким образом, чтобы учитывать заводские требования. В ряде случаев в зависимости от условий эксплуатации возможна корректировка сроков проведения ТО, например, они сокращаются при эксплуатации в условиях жаркого климата или пустыни, могут увеличиваться при периодическом, а не постоянном использовании машин и т.п.

Объем основных работ, выполняемых при ТО, устанавливается предприятием-изготовителем в виде технологической карты. Фактически в зависимости от условий эксплуатации и фактического состояния тех или иных агрегатов машины, в том числе, устанавливаемом с помощью диагностирования, объем может корректироваться сторону как увеличения, так и сокращения. Чаще это относится к смазочным работам, замене фильтров, а также к предусмотренной технологической картой замене быстроизнашивающихся деталей. Во всех случаях должна обеспечиваться надежная работа машины после выполнения работ по ТО.

При эксплуатации техники в северных условиях, особенно при линейном характере строительства, проблема проведения качественного ТО является одной из важнейших для обеспечения работоспособности техники и требует ее решения организационными методами. Основные причины сложности проведения ТО - низкие температуры в зимнее время, отсутствие в достаточном количестве теплых помещений для проведения ТО или невозможность установки в них техники, плохие дорожные условия для перемещения мастерских-летучек, проблемы с доставкой смазочных материалов и быстроизнашивающихся деталей.

Низкие температуры затрудняют смазку строительных машин из-за застывания консистентных смазок и загустевания рабочих жидкостей, намерзания льда и грязи на ходовую часть бульдозеров и экскаваторов.

Вместе с тем в зимнее время уменьшается количество абразивных частиц в смазке и рабочих жидкостях по сравнению с летним периодом.

Поэтому в зимнее время часто наблюдаются отклонения от нормативных периодов проведения очередных ТО, что может вести к повышенным износам и увеличению числа отказов. Так, по данным ВНИИ транспортного строительства, увеличение числа отказов в зимнее время на строительстве БАМа составляло по экскаваторам 3,14-3,28, по бульдозерам 2,5, по путеукладчикам ПБ-3 – 3,3.

Качество технического обслуживания напрямую влияет на выработку машин. Как показал опыт того же БАМа, внедрение централизованного технического обслуживания, обеспечивающего хорошее качество ТО и выполнение всех необходимых работ, позволило сократить простои техники из-за неисправности на 20-30%.

3.2. Формы организации технического облуживания

Основной фактор, влияющий на эффективность технического обслуживания – его организация. Она должна обеспечить стабильный и высокий уровень технической готовности машин, максимальное использование сменного времени, применение современных технических средств выполнения операций ТО, нормальные условия труда обслуживающего персонала при выполнении ТО, и производительность его труда.

Если ежесменное ТО обычно проводится силами экипажей машин, то проведение плановых ТО экипажами, как правило, нерационально, так как при этом не всегда выполняется необходимый объем работ из-за отсутствия необходимых средств и материалов, а также недостаточной квалификации исполнителей для выполнения регулировочных работ. Поэтому плановые

ТО, включая СТО, целесообразно выполнять специализированными бригадами с использованием средств механизации.

Техническое обслуживание может выполняться с доставкой на эксплуатационные базы строительных организаций или на объектах работ. По первому варианту обслуживается преимущественно техника на автомобильном ходу – автомобили, автокраны, автогрейдеры, погрузчики и др., По второму варианту обслуживается техника на гусеничном ходу и тяжелая техника на пневмоходу, доставка которой на базы нецелесообразна. Формы организации ТО достаточно многообразны (рис. 3.1.), их применение определяется типом обслуживаемой техники, ее рассредоточенностью, дорожными и климатическими условиями, финансовыми возможностями строительной организации.

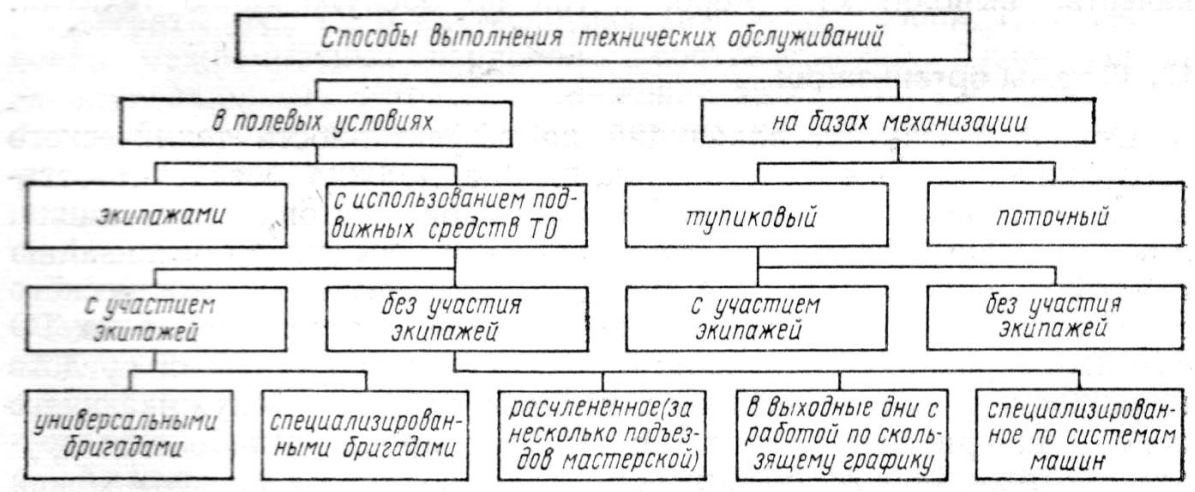


Рис. 3.1. Формы организации технического обслуживания

Ежесменное техническое обслуживание выполняется, как правило, экипажем. Однако имеются варианты, когда ЕТО выполняется на эксплуатационной базе (гараже). Это рационально для автосамосвалов при двух или трехсменной работе, или для такси. В 80-е года при поездках по Амуро-Якутской магистрали из Якутска в Большой Невер на промежуточном пункте в пос. Чульман на базе треста «Якутзолото» автомобили треста

обслуживались персоналом базы без участия водителя, который в это время отдыхал в гостинице. При необходимости выполнить на машине неплановый ремонт он производится в дневное время.

В отдельных случаях ЕТО может не выполняться в полном объеме, а сводиться только к дозаправке, в этом случае увеличивается объем работ при очередном плановом ТО. Это происходило, например, при работе бульдозеров и экскаваторов во время сильных морозов на БАМе.

Выполнение ТО специализированными передвижными средствами носит название централизованного технического обслуживания (ЦТО). ЦТО впервые появилось в городах-миллионниках, где сосредоточено большое количество строительной техники. Оно началось с обслуживания башенных кранов, затем было распространено на землеройную технику. Вариантов организации ЦТО было достаточно много. Техника обслуживалась преимущественно в нерабочее время без участия экипажей или в рабочее время с участием экипажей, при этом время выполнения ТО существенно сокращалось по сравнению с нормативным.

Для линейного строительства из-за большого разброса техники по трассе строительства организовать ТО в нерабочее время оказывается затруднительно, поэтому в практике транспортного и других видов линейного строительства получило широкое распространение ЦТО с участием экипажей машин в рабочее и нерабочее время.

Обслуживание с участием экипажей может проводиться универсальными и специализированными бригадами. За универсальной бригадой (звеном) может закрепляться несколько землеройных комплексов или машины комплексного участка (бригады), обслуживание которых проводится по графику с помощью передвижной мастерской. В такой бригаде численность от трех до пяти человек нет четкого распределения обязанностей, но есть общая специализация.

Специализированные бригады обслуживают преимущественно однотипную технику (землеройную, краны-трубоукладчики, буровые машины и др.). В специализированной бригаде существует четкое распределение обязанностей специалистов – дизелиста, электромеханика, слесаря-смазчика, шофера-слесаря и т.п., каждый член бригады выполняет работы, предусмотренные картой ТО. При этом широко распространено совмещение профессий, позволяющее выполнять весь объем работ при относительно небольшой численности бригады. Специализированные бригады чаще могут выполнять диагностические работы в составе ТО, чем универсальные бригады. Участие экипажей в обоих случаях преимущественно сводится к подготовительным, крепежным и демонтажно-монтажным работам.

Обслуживание в нерабочее время применялось на транспортном строительстве при большой концентрации однотипной техники, например, на строительстве больших насыпей или выемок. Этот метод не нашел широкого применения, так как при работе бригады можно пропустить небольшие неисправности, которые не могли своими силами устранить экипажи, например, начавшиеся развиваться трещины в металлоконструкциях, которые трудно обнаружить под слоем смазки. Например, при осмотре при ТО-2 башенно-портального крана в Карелии в районе поворотного круга было визуально обнаружено 7 трещин, а 11 трещин удалось обнаружить только приборным методом.

По опыту БАМа бригады ЦТО для обслуживания землеройной техники состояли из 5-8 человек и оснащались двумя мастерскими – слесарной и смазочно-заправочной. Из-за отрыва обслуживаемой техники от базы на 120-200 км бригады выезжали на 5 – 6 суток, после чего возвращались на базу для отдыха, дозаправки смазками и получения необходимых эксплуатационных материалов и запасных частей, подготовки комплектов фильтров и быстроизнашивающихся деталей, заменяемых при номерном ТО.

На крупных объектах или в середине строящегося участка создавались опорные пункты ЦРММ, на которых работали укрупненные бригады, включающие 12-20 человек и несколько мастерских. Они состояли из звеньев по ТО строительных машин, ТО автомобилей и звеньев, выполняющих плановые и неплановые текущие ремонты, в том числе агрегатным методом.

Бригада (звено) ЦТО обслуживает закрепленную за ней группу машин 3 – 5 марок согласно заранее разработанному графику. График уточняют по бортовому журналу машины и контрольному журналу обслуживаний у бригадира мастерской. Продолжительность обслуживания одной машины с участием экипажа зависит от типа машины, вида ТО и условий выполнения работы и может составлять от 2 до 8 ч. При выполнении дополнительно к объему работ ТО непланового ремонта продолжительность ТО увеличивается. Механизация работ по смазке, дозаправке маслами и рабочими жидкостями и крепежных, а также сокращение времени на контрольно-регулировочные работы за счет квалификации ремонтников и применения диагностических приборов позволяет значительно сокращать простой машины в обслуживании.

При всем разнообразии форм ЦТО, возникших на БАМе, они применялись преимущественно для землеройной техники, реже для мостовой и путевой. Все виды ЦТО давали значительный экономический эффект за счет сокращения простоя машин в ТО и ремонте, повышения качества ТО и сокращения расхода дорогостоящих северных и зимних масел и специальных жидкостей, уменьшения расхода запасных частей.

На строительстве трубопроводов в Западной Сибири разработан сетевой вариант ЦТО, по которому обслуживание ведется специализированными бригадами ТО-1, ТО-2 и ТО-3. Бригада ТО-1 обслуживает машины одного звена. Из четырех звеньев состоит участок, машины которого обслуживает одна бригада ТО-2. Бригада ТО-3

обслуживает машины на всех участках строительного управления. Обслуживание ведется по сетевому графику перемещения бригад ЦТО.

В крупных сельскохозяйственных предприятиях ЕТО сложной техники (тракторов, комбайнов) в период основных полевых работ проводится без участия экипажей, так как работа техники может идти в две десятичасовые смены, а техника должна быть безотказной, поскольку работает в составе комплекса.

За рубежом служба технического обслуживания в большинстве фирм отделена от службы эксплуатации в отдельную отрасль с выполнением плановых ТО и в ряде случаев ЕТО. Так, в большинстве фирм США ЕТО проводят специализированные бригады, а в Японии и ряде других стран – сами машинисты. Обслуживание может проводиться строительными фирмами – владельцами машин, фирмами по прокату машин, фирмами-изготовителями и фирмами–дилерами.

Собственными силами организуют обслуживание в основном фирмы, работающие в отдаленных районах – на севере, при работах в других странах, а также крупные фирмы, располагающие большим парком машин в одном районе, например, на строительстве больших электростанций. В остальных случаях ТО выполняется специализированными фирмами по контракту.

Широко развито обслуживание техники фирмами-изготовителями, которые располагают сервисными центрами или пунктами, где проводят обслуживание машин, продажу машин и запасных частей. Такие сервисные центры имеют подвижные мастерские для обслуживания и ремонта машин на объектах работ. Обслуживание выполняется самой фирмой или через сеть дилеров, обладающих необходимой технической базой. Дилер может работать с одной или несколькими фирмами-изготовителями. Например, фирма «Катерпиллер» имеет более 140 дилеров в США и Канаде и около 140 в других странах.

Сервисные центры фирм-изготовителей имеют часто задачу подготовки машинистов и ремонтников для реализуемой техники. При поставке партии машин в контракты часто включается требование, чтобы обслуживающий персонал покупателя проходил обучение в этих центрах. Это делается также с целью исключить претензии к качеству машин, которые могут возникнуть при неквалифицированной их эксплуатации покупателем.

В России некоторые зарубежные фирмы, имеющие заводы на территории РФ, создают такие центры при своих заводах.

Фирмы по прокату часто имеют собственную службу обслуживания и ремонта и проводят периодические ТО в случаях, когда это оговорено контрактом. Фирмы-дилеры обслуживают преимущественно машины определенных фирм или отдельные системы – двигатели, гидросистемы, электрооборудование, шины. Они располагают стационарными мастерскими и мастерскими-летучками с необходимым технологическим оборудованием, диагностическими приборами и запасными частями для выполнения ТО и текущих ремонтов.

Обслуживание техники на транспортном строительстве зависит от того, где идет стройка. В обжитых районах чаще пользуются услугами дилеров, в остальных случаях обслуживание и ремонт организуются строительными фирмами своими силами с использованием временных помещений и подвижных средств ТО и ремонта.

Выбор формы организации технического обслуживания при общем стремлении к его централизации во многом определяется рассредоточенностью техники по объектам строительства. Так, например, один мостоотряд может строить внеклассный мост в течение двух-трех лет, где сосредоточена вся его техника, а другой мостотряд может строить одновременно до 10-12 малых и средних мостов на удалении до 300 км от основной базы с большим разбросом техники по трассе строительства. Кроме

ТО выполняются и неплановые текущие ремонты, одновременно с ТО или в разное время (рис. 3.2).

Для определения оптимальной формы выполнения ТО и непланового ремонта в качестве целевой функции может быть принята максимальная выработка F в машино-часах на одного человека:

$$F = (T - T_{\text{то}} - T_{\text{нр}} - T_{\text{ож}}) / N \qquad (3.1)$$

где T – длительность рабочего времени машины в сутки, ч; $T_{\text{то}}$ - потери рабочего времени на выполнение ТО, ч; $T_{\text{нр}}$ – потери рабочего времени на выполнение неплановых ремонтов, ч; $T_{\text{ож}}$ – потери рабочего времени на ожидание начала ремонта; N – численность специалистов, осуществляющих ТО и неплановый ремонт.

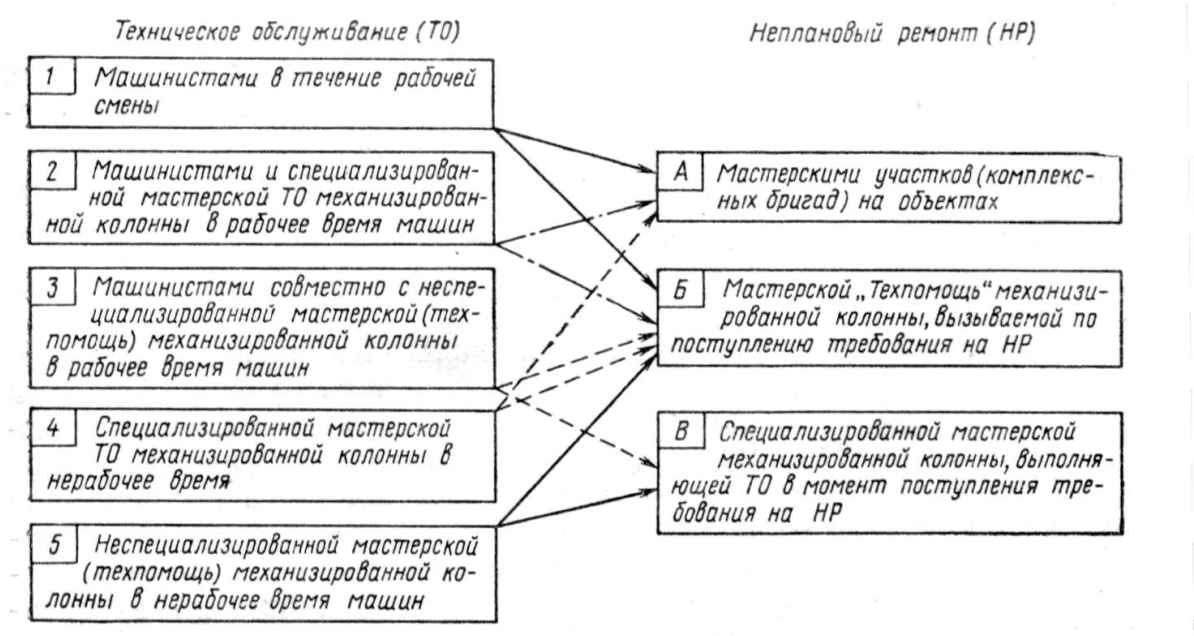


Рис. 3.2. Варианты технического обслуживания строительных машин

Возможно 10 вариантов сочетаний форм обслуживания и непланового ремонта (рис. 3.2): 1-А, 1-Б, 2-А, 2-Б, 3-Б, 3-В, 4-А, 4-В, 5-А, 5-В. Выбор формы зависит преимущественно от степени рассредоточенности техники по объектам.

Для условий работы мехколон на БАМе и аналогичных стройках Н.В. Коценко рассчитал по предложенной им методике, основанной на аппарате теории массового обслуживания оптимальные формы организации.

Расчет показал, что наибольший эффект дает выполнение ТО смазочными мастерским мехколонн в рабочее время совместно с экипажами или в нерабочее время без их участия. Неплановый ремонт целесообразно выполнять участковыми мастерскими, т.е. предпочтительными оказались варианты 2-А или 4-А. [56]

Для варианта 2-А необходимое число мастерских W, выделяемых для обслуживания техники в масштабе строительной организации (мехколонны, СМП и др.), может составлять

$$W = \frac{\sum_{i=1}^{m} g_i n_i b_i - \sum_{j=1}^{h} Q_j}{Q_г f_{тр} l q} \qquad (3.2)$$

где g_i - годовая трудоемкость плановых ТО для машины i-го типа, чел-ч; n_i - число машин i-го типа в строительной организации, шт.; b_i - коэффициент, учитывающий степень участия машинистов в выполнении ТО ($0 < b_i < 1$); m – число типов машин в строительной организации; Q_j - объем работ по ТО, выполняемый в течение года мастерскими j-го участка, чел-ч; k - число участков (комплексных бригад), имеющих мастерские; $Q_г$ - годовой фонд рабочего времени мастерской ТО, чел-ч; $f_{тр}$ - статистический коэффициент, учитывающий потери времени мастерской на перемещение и подготовку к выезду; l - коэффициент, учитывающий повышение производительности труда при ТО за счет механизации процесса ($1,2 < l < 1,6$); q – коэффициент, учитывающий снижение производительности труда персонала мастерской зимой ($1,1 < q < 1,5$). Коэффициенты $f_{тр}$, q определяются статистическим путем.

Мастерская за один выезд обслуживает обычно несколько машин, входящих в комплекс. Поэтому в данном случае рассчитать число

мастерских по стандартным методикам, учитывающим средний радиус размещения машин и среднюю скорость летучки, сложно, так как расчетные потери на перемещение не будут соответствовать реальным.

Техническое оснащение мастерских для выполнения ТО на объектах и на базах строительных организации рассматривается в следующих главах.

3.3. Техническое обслуживание гидросистем

Анализ надежности ТТМ, в которых основные рабочие движения выполняются посредством гидропривода, показывает, что гидравлические системы (ГС) имеют наибольшую вероятность внезапных отказов, поэтому им следует уделять особое внимание при ТО (рис. 3.3). А наименее надежными элементами гидропривода в северных условиях являются гибкие трубопроводы и гидроцилиндры (рис. 3.4) [65].

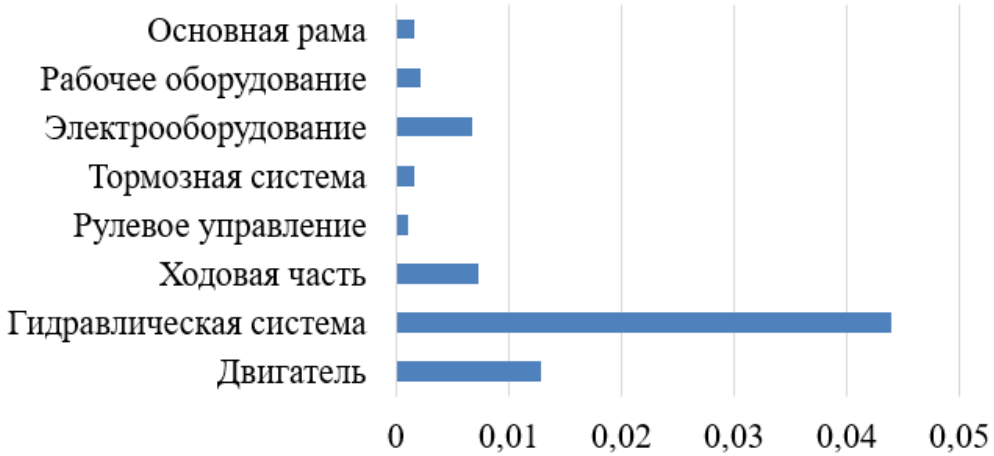


Рис. 3.3. Вероятность внезапных отказов основных систем гидравлического экскаватора за один час работы



Рис. 3.4. Вероятность внезапных отказов основных элементов гидравлической системы экскаватора за один час работы

3.3.1 Влияние загрязнений рабочей жидкости на надежность гидросистем

Одной из основных причин отказов гидросистем является повышенная загрязненность рабочей жидкости. В гидравлических системах общепромышленного назначения, в том числе на строительных машинах, должны использоваться рабочие жидкости, удовлетворяющие требованиям ГОСТа 17216-2001 к 13-му классу чистоты. Это означает, что содержание механических примесей, определяемое по стандартной методике (ГОСТ 6370-2018), не должно превышать 0,005% по массе, что соответствует 0,04 кг/м^3.

Загрязнения попадают в гидросистемы на всех этапах создания и использования машин: при изготовлении, ремонте, в процессе эксплуатации. Опыт эксплуатации одноковшовых экскаваторов показал, что более 50% их отказов приходится на гидропривод, причем свыше 70% из них — из-за наличия механических примесей в рабочей жидкости. При работе на загрязненной рабочей жидкости интенсивно изнашивается составные части гидропривода, снижается производительность машины, увеличиваются внутренние потери энергии и затраты на эксплуатацию [76].

Исследованиями, проведенными в семидесятые годы прошлого века, ЛИСИ (ныне СПбГАСУ), установлено, что в процессе эксплуатации экскаваторов III и IV размерных групп, оборудованных серийными фильтрами, средняя концентрация механических примесей в рабочей жидкости составляет 0,022% по массе. Это в 4,4 раза превышает допустимое значение, соответствующее 13-му классу чистоты по ГОСТ 17216–2001. До 50% примесей составляют частицы размером 10–40 мкм, которые соизмеримы с зазорами пар трения сборочных единиц и поэтому вызывают наибольший износ.

Так как магистральные фильтры не в состоянии обеспечить надлежащей чистоты рабочей жидкости, то необходима периодическая промывка гидропривода машин на специальных постах. Гидроприводы экскаваторов требуют особенно тщательной промывки, так как являются разветвленными, содержат большое число энергонасыщенных элементов прецизионного исполнения, наиболее чувствительных к загрязнениям. Кроме того, интенсивность поступления загрязнений в гидропривод экскаваторов значительно выше, чем у других строительных машин, что связано с особенностями их рабочего процесса. Так, в условиях высокой запыленности воздуха частицы пыли осаждаются на штоки гидроцилиндров и втягиваются внутрь гидропривода. При изменении уровня рабочей жидкости в гидробаке в него поступает запыленный воздух, значительная часть продуктов износа попадает в гидробак через дренажные трубопроводы, минуя фильтры.

Рабочая жидкость, заправляемая в гидросистемы экскаваторов после сборки, зачастую имеет загрязненность в 6 раз выше допустимой. В результате, после опрессовки гидросистемы, содержание механических примесей в рабочей жидкости составляет 0,0178 – 0,1180% по массе, что в 3 – 24 раза превышает допустимое [27, 70].

По данным И.В. Петрова, после ремонта гидропривода загрязненность рабочей жидкости может составлять 0,30 – 0,60%.

В процессе работы содержание механических примесей в рабочей жидкости снижается вследствие осаждения частиц на фильтрах и в гидробаке.

При эксплуатации загрязнения попадают в рабочую жидкость следующими путями (рис. 3.5):

− с доливаемой рабочей жидкостью;

− в результате изнашивания гидроагрегатов;

− через уплотнения гидроцилиндров и распределителей;

− через сапун гидробака;

− при взмучивании осадков на дне гидробака.

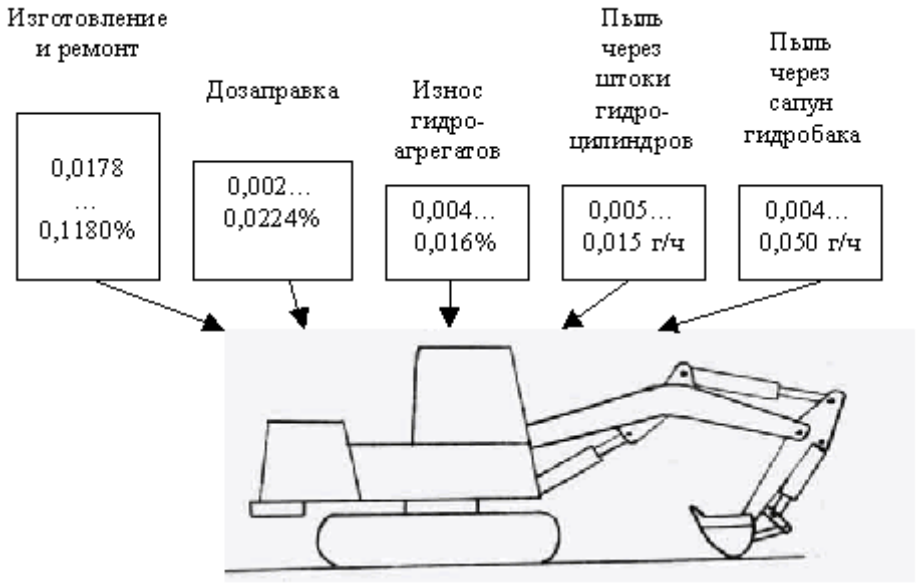


Рис. 3.5. Пути поступления загрязнений в гидросистему строительной машины

Поэтому необходимо проведение мероприятий, направленных на повышение чистоты гидросистем, на каждом из этапов попадания загрязнений в рабочую жидкость (РЖ).

Для снижения вероятности попадания загрязнений с заливаемой РЖ в экскаваторах получила распространение закрытая система заправки, состоящая из насоса, фильтра, рукавов и заборного фильтра грубой очистки.

Насосы могут быть поршневыми с ручным приводом (ЭО-3322А) и шестеренчатыми с механическим приводом (ЭО-4121А). В качестве очистительного устройства используются фильтры ФМ-40-25 и другие с тонкостью очистки 25 мкм.

Строительные машины, в особенности землеройные, работают в условиях повышенной запыленности воздуха. Количество пылинок в зависимости от района и условий работы может достигать 200 тыс. шт. на 1 $дм^3$ со средним размером от 10 до 50 мкм. В составе пыли преобладают абразивные компоненты: кремнезем и кварц (до 80%), окись алюминия (до 17%), полевой шпат и другие. В экскаваторах применяются в основном гидросистемы открытого типа, гидробак которых сообщается с атмосферой через сапун. Вследствие недостаточной фильтрующей способности сапунов в весенне-летний период в гидросистему может поступать до 5,3 г пыли за 100 ч. работы [76].

Бак в гидросистеме имеет многофункциональное значение: является хранилищем рабочей жидкости, теплообменником, должен способствовать эффективному осаждению частиц механических примесей, не задержанных фильтрами и поступивших по дренажным трубопроводам и через сапун. Чем большее количество загрязнений осядет в гидробаке, тем чище будет рабочая жидкость. Нашими исследованиями показано, что в гидробаках может находиться до 400 г осадков, и толщина их слоя может достигать 12 мм. Однако баки многих строительных машин, в том числе и экскаваторов, имеют конструктивные недостатки. Вследствие этого осадки могут взмучиваться при работе гидросистемы и поступать к гидроагрегатам, увеличивая тем самым общую загрязненность рабочей жидкости [76].

Наличие взмучивания осадков подтверждают следующие эксперименты, проведенные с экскаваторами ЭО-3322А и ЭО-4121А. Количество механических примесей в рабочей жидкости, взятой из гидробака до запуска двигателя экскаватора ЭО-3322А, составило 0,004% по

массе. После двух минут работы насоса в холостом режиме загрязненность жидкости возросла до 0,007%, а после десяти минут – до 0,009%. При дальнейшей работе насоса в холостом режиме содержание примесей в жидкости не увеличивалось. Но после десятиминутного движения экскаватора по неровной стройплощадке загрязненность резко увеличилась до 0,015% по массе. Так как в насосе, гидрораспределителях и гидромоторе хода экскаватора не может скопиться значительное количество осадков, то практически все загрязнения, поступившие в рабочую жидкость, были подняты со дна гидробака. При этом в холостом режиме в жидкость поступило 13 г механических примесей, а при движении машины еще 16 г. В результате загрязненность рабочей жидкости в 3 раза превысила допустимую.

При сливе жидкости из гидробака экскаватора, простоявшего несколько часов с выключенным двигателем, сверху плотного осадка обнаруживается рыхлый слой загрязнений, осевших в последние часы. Этот слой размывается при холостой работе насоса. Часть плотного осадка взмучивается уже при движении и работе экскаватора. Установлено также, что чем большее количество осадков находится в гидробаке, тем выше загрязненность жидкости работающего экскаватора. Поэтому, если периодически очищать гидробаки, будет чище и рабочая жидкость.

А.Г. Тороповым [93] установлено, что в процессе эксплуатации экскаваторов III и IV размерных групп, оборудованных серийными фильтрами, распределение концентраций загрязнений в рабочей жидкости подчиняется нормальному закону. Среднее значение концентрации примесей равно 0,022% по массе, а наиболее вероятное значение составляет 0,01 – 0,04%. Распределение частиц загрязнений по дисперсионному составу подчиняется экспоненциальному закону, 40 – 50% механических примесей составляют частицы размером 10 – 40 мкм. 80 – 90% приходится на продукты неорганического происхождения, включающие 40 – 50% окиси кремния, 20 –

30% железа, 10 – 15% окиси алюминия. Эксплуатации результаты подтверждают тот факт, что магистральные фильтры гидросистем не могут обеспечить требуемой чистоты рабочей жидкости.

Загрязнения вызывают в гидроэлементах следующие явления: интенсивное изнашивание пар трения; защемление плунжеров и клапанов; гидроабразивное изнашивание кромок; возрастание усилий перемещения золотников и другие. Самым неблагоприятным из перечисленных воздействий является абразивный износ, вследствие которого резко снижаются эксплуатационные характеристики гидрофицированных машин: производительность, наработка на отказ. Наиболее интенсивный износ вызывают частицы механических примесей, соизмеримые с размерами радиальных зазоров пар трения гидроагрегатов. Но опасны также и более крупные частицы, так как при работе гидропривода они дробятся, увеличивая число частиц меньшего размера. Кроме того, попадая во все увеличивающийся со временем зазор, они интенсифицируют процесс абразивного износа [76].

Зазоры в аксиально-поршневых насосах и гидродвигателях, установленных на экскаваторах, имеют размеры 20 – 40 мкм, а в золотниковых распределителях 12 – 24 мкм. Тенденция к повышению давления в гидросистемах и более широкая гидрофикация мобильных машин вызвали в последнее время уменьшение зазоров в элементах. Так, в аксиально-поршневых насосах с торцевым распределителем на давление менее 20 МПа зазоры равны 20 – 40 мкм, для насосов того же типа на давление до 35 МПа зазоры составляют 5 – 20 мкм [76].

Таким образом, с повышением рабочего давления гидросистем необходима более тонкая очистка жидкости. В рабочей жидкости гидросистем, несмотря на применяемые магистральные фильтры ФМ-40-25 с тонкостью очистки 25 мкм, количество опасных частиц размером 10 – 50 мкм составляет 40 – 50% механических примесей.

Интенсивность износа элементов гидропривода зависит также от твердости частиц загрязнений и материала изнашиваемых поверхностей. По Бринелю твердость частиц составляет 1050 – 1125 единиц, а золотника из стали 15Х – 550 – 639, корпуса распределителя из чугуна СЧ21-40– 170 – 231. Значит, твердость значительной части механических примесей, находящихся в рабочей жидкости, превышает твердость пар трения элементов гидросистемы, что ведет к увеличению износа гидроагрегатов [76].

Увеличения надежности гидросистем можно достичь повышением тонкости очистки рабочей жидкости. Так, с ростом тонкости фильтрации с 20 – 25 мкм до 5 мкм увеличивается ресурс насосов в 10 раз, гидроаппаратуры в 5 – 7 раз. По мнению Г.А. Никитина и А.С. Матвеева, износ гидрооборудования дорожно-строительных машин практически прекращается при тонкости очистки рабочей жидкости, равной 10 мкм [76].

Для повышения чистоты рабочей жидкости необходимо проводить целый комплекс мероприятий на стадиях проектирования, изготовления, ремонта и эксплуатации машин, включающий в себя:

− повышение культуры производства и ремонта гидроприводов для выпуска машины с «чистой» гидросистемой;

− использование оборудования для доставки в эксплуатирующие организации чистой рабочей жидкости;

− повышение герметичности гидросистем с целью уменьшения утечек рабочей жидкости и попадания загрязнений из окружающей среды;

− разработку конструкций гидробаков, обеспечивающих осаждение механических примесей и исключающих их вымывание;

− использование более эффективных средств очистки в гидросистеме машины;

− создание условий для заправки гидросистем рабочей жидкостью, исключающих внесение загрязнений.

Заводы–изготовители строительных машин рекомендуют также периодически заменять рабочую жидкость. Первый раз после обкатки экскаватора, последующие через 1440 мото-ч и при сезонных технических обслуживаниях в случаях использования не всесезонных жидкостей. Использование отработанной рабочей жидкости запрещается. Она должна отправляться на регенерацию. В инструкциях по эксплуатации гидравлических экскаваторов указано также, что при обнаружении воды и механических примесей в рабочей жидкости необходимо произвести внеочередную замену. При замене жидкости должен промываться гидробак.

3.3.2. Периодичность замены фильтров гидравлической системы для экскаваторов

Фильтры гидравлической системы для экскаваторов — это устройства, которые защищают гидросистему от загрязнений, которые могут привести к поломкам и простоям техники. Загрязнения (частицы металла, грязь, вода) попадают в гидросистему различными способами, например, через износ компонентов, попадание пыли или некачественное масло. Без эффективной фильтрации эти загрязнения могут повредить насосы, клапаны, цилиндры и другие элементы гидросистемы.

При выборе фильтра для гидравлической системы экскаватора рекомендуется учитывать следующие параметры:

Степень фильтрации (мкм) — определяет размер частиц, которые фильтр может уловить. Чем меньше значение, тем выше степень фильтрации.

Производительность (л/мин) — должна соответствовать расходу масла в системе.

Рабочее давление (бар) — фильтр должен выдерживать максимальное давление в системе.

Тип фильтрующего материала — влияет на эффективность фильтрации и срок службы. Наиболее распространены фильтры из бумаги, стекловолокна и синтетических материалов.

Ресурс фильтра — определяется производителем и зависит от условий эксплуатации.

Рекомендуется использовать оригинальные фильтры или эквивалентные фильтры, соответствующие спецификациям производителя экскаватора.

Тонкость очистки жидкости фильтрами гидравлической системы экскаваторов — это размер загрязняющих частиц, которые задерживают фильтры. Измеряется в микрометрах (мкм).

Диапазон тонкости фильтрации современных гидравлических фильтров — от 0,5 мкм до 250 мкм. Выбор тонкости зависит от характеристик самого чувствительного элемента гидросистемы. Например, для гидравлической системы с шестерённым насосом, где зазор между шестернями составляет 10 мкм, тонкость фильтрации должна быть не более 5 мкм (половина от критического зазора) — это обеспечит защиту от абразивного износа.

Некоторые типы фильтров для гидравлической системы экскаваторов и их тонкость очистки:

Всасывающие — устанавливаются перед насосом, обеспечивают грубую очистку жидкости, тонкость фильтрации — от 100 до 250 мкм. Такая относительно крупная тонкость обусловлена необходимостью минимизации гидравлического сопротивления на всасывающей линии для предотвращения кавитации насоса.

Напорные — устанавливаются после насоса, работают при давлениях до 35–63 МПа, тонкость фильтрации — от 3 до 25 мкм. Защищают наиболее чувствительные элементы гидросистемы, включая пропорциональные клапаны, сервоклапаны и прецизионные гидроаппараты.

Сливные — рассчитаны на работу при небольшом давлении до 1 МПа, обеспечивают тонкость фильтрации — от 10 до 25 мкм. Устанавливаются в линии возврата рабочей жидкости в бак и выполняют функцию финальной очистки перед повторным использованием жидкости в цикле.

Замена фильтроэлементов должна производиться в соответствии с рекомендациями производителя или при срабатывании индикатора загрязнённости. Эксплуатация с засоренным фильтром может привести к его разрушению и попаданию загрязнений в систему.

Каждые 500–1000 моточасов — стандартный регламент замены фильтров гидравлической системы для экскаваторов, погрузчиков, трубоукладчиков и других машин в которых основные рабочие движения осуществляются посредством гидропривода. В условиях тяжёлой работы — каждые 250–500 часов.

Точный интервал зависит от модели экскаватора и рабочих условий. Чтобы определить точный интервал, нужно изучить техническую документацию производителя.

При выборе фильтров м периодичности их замены следует учитывать условия эксплуатации.

Запылённость — в средах с высоким содержанием пыли фильтрующие устройства засоряются быстрее, поэтому требуют более частой чистки или замены.

Высокие нагрузки — интенсивная работа экскаватора увеличивает нагрузку на гидравлическую систему, что может сократить срок службы фильтров.

Экстремальный климат — высокие и низкие температуры, повышенная влажность ускоряют износ очищающих деталей. При работе в таких условиях рекомендуется сокращать интервалы замены на 20–50%.

3.3.3 Центробежные очистители для экскаваторов

В семидесятые-восьмидесятые годы двадцатого века сотрудниками кафедры строительных и дорожных машин и оборудования ЛИСИ были разработаны центробежные очистители (ЦО) рабочей жидкости марки ЦКТБ для экскаваторов 3—4-й размерных групп. Эти ЦО составили существенную конкуренцию магистральным фильтрам экскаваторов, так как имели высокую очистительную способность (до 10 мкм), грязеемкость и не требовали замены – только периодическую очистки при ТО-2.

Очистители имели реактивный привод и свободный слив в гидробак. Они устанавливались на баки экскаваторов. Высокая тонкость очистки обусловлена совместным действием центробежных и инерционных сил на частицы механических примесей, а также разделением зон выделения и осаждения частиц внутри ротора. На рис. 3.6 представлена одна из реализованных конструкций ЦО.

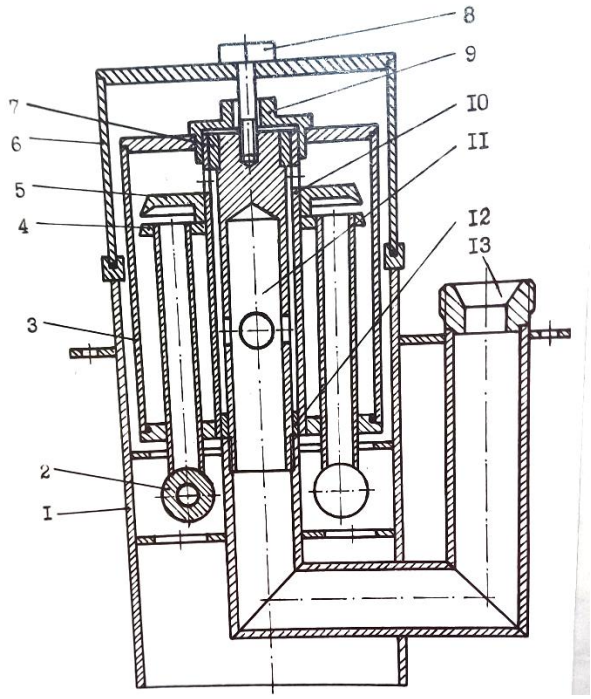


Рис. 3.6. Схема ротора центробежного очистителя: 1 – корпус; 2 - сопла; 3 –ротор; 4 и 5 – нижний и верхний диски; 6 – крышка корпуса; 7, 12 – втулки подшипников скольжения; 8 – винт крышки корпуса; 9- гайка крепления ротора; 10 - труба;11 – полый вал ротора; 13 – штуцер подключения к сливной линии экскаватора

Вращение ротора 3 обеспечивается за счет реактивной силы выброса струи через сопла 2. Достижение высокой эффективности очистки РЖ достигается путем совмещения действия центробежной и инерционной сил, действующих на частицы загрязнений при резком изменении направления движения потока жидкости в кольцевом пространстве между дисками 5 и 4.

На экскаваторы ЭО-3322А было установлено около 300 таких очистителей. Несколько очистителей установили также и на экскаваторы ЭО-4121А Ковровского завода. Опыт эксплуатации показал высокую эффективность и надежность нового средства очистки рабочей жидкости. Заводы не получили ни одной рекламации на эти очистители.

Техническая характеристика центробежного очистителя рабочей жидкости (рис. 3.7, 3.8):

Марка очистителя	ЦКТБ
Тонкость очистки, мкм	10…15
Производительность, л/мин	150…300
Частота вращения ротора, об/мин	1000…2000
Периодичность обслуживания	2 раза в год
Масса, кг	18

Обслуживание очистителя заключается в периодическом удалении осадка загрязнений и промывке ротора. Все операции по обслуживанию занимают не более 5 мин.



Рис. 3.7. Общий вид центробежного очистителя



Рис. 3.8. Экскаватор ЭО-3322А с центробежным очистителем

3.3.4. Промывка гидросистем экскаваторов

Установлено, что физико-механические свойства рабочей жидкости в течение 3500 – 4000 работы меняются несущественно, за исключением содержания механических примесей, а объем доливаемой в течение года жидкости для восполнения утечек зачастую превышает объем самой гидросистемы. Поэтому для восстановления эксплуатационных свойств рабочей жидкости достаточно качественно ее очистить путем использования специальных установок для промывки гидросистем. Промывка гидросистемы производится двукратным пропусканием через нее чистой рабочей жидкости. Операция очистки гидробаков, предусмотренная заводами-изготовителями, данными установками не производится [74, 76, 79].

Однако А.С. Матвеевым [76] доказано, что если при промывке гидросистемы очищать и гидробак, то через 15 – 20 минут работы гидросистемы загрязненность рабочей жидкости станет в 2 – 2,5 раза ниже, чем без очистки гидробака (таблица 3.1).

Таблица 3.1. Результаты анализа проб рабочей жидкости при промывке гидросистем

Гидросистема	Весовое содержание загрязнений, %	Количество частиц в 1 см^3 по интервалам размеров, мкм						
		1 – 5	5 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50	Более 50
Промытая без очистки гидробака	0,076	389241	124811	79151	3127	905	312	243
То же с очисткой гидробака	0,038	113574	34513	5890	3046	105	94	87

Этот факт подтверждается результатами наших исследований, свидетельствующих о том, что осадки со дна гидробаков поступают в жидкость при работе машины. Поэтому промывкой гидросистемы без очистки гидробака практически невозможно обеспечить высокой чистоты жидкости. Таким образом, для достижения требуемой чистоты рабочей жидкости ее можно не заменять на свежую, а достаточно качественно очистить и промыть гидросистему с обязательной очисткой гидробака. Периодичность промывки целесообразно принять в соответствии с рекомендациями заводов-изготовителей по замене рабочей жидкости.

При технических обслуживаниях не производится снятия гидробака с машин, что накладывает определенные ограничения на выбор способа его очистки. Заводы-изготовители рекомендуют промывать бак рабочей жидкостью и запрещают применять обтирочные материалы во избежание загрязнения ими гидросистемы. Запрещается также вскрытие бака в полевых условиях и помещениях с высокой запыленностью воздуха.

Применение установок для промывки гидросистем позволяет решить еще одну важную задачу повышения чистоты рабочей жидкости, а именно, обеспечить заправку гидросистемы жидкостью, предварительно очищенной в установке до требуемого уровня. При этом отпадает необходимость в

проведении дополнительных мероприятий, направленных на предотвращение попадания загрязнений в рабочую жидкость при ее транспортировке и хранении.

Качество промывки гидросистем существенно зависит от средств контроля чистоты очищаемой рабочей жидкости. Эти средства должны давать оперативную, легко обрабатываемую информацию о количестве загрязнений в жидкости, быть простыми в эксплуатации и иметь несложную конструкцию.

Рабочую жидкость, сливаемую из гидросистем при ремонте машин, не обязательно сдавать на регенерацию. По данным ВНИИСтройдормаша, при правильной эксплуатации машин физико-химические свойства гидрожидкости сохраняются в допустимых пределах в течение 4000 мото-часов по всем характеристикам, кроме содержания механических примесей. В этом случае очистка в установке обеспечивает полное восстановление отработавшей жидкости.

Загрязненность гидробаков экскаваторов

В гидробаках экскаваторов скапливается от 10 до 400 г осадков, часть которых при работе взмучивается (рис. 3.9…3.12). Поэтому требуемого повышения чистоты рабочей жидкости невозможно достичь за счет замены жидкости и промывки гидросистемы без предварительной очистки баков.

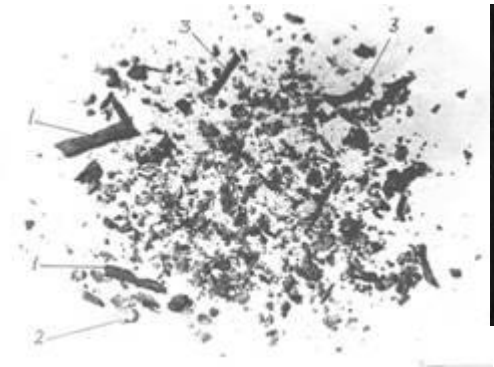


Рис. 3.9. Крупные частицы загрязнений со дна гидробаков экскаваторов (М 1:1):
I — обрывки резиновых колец; 2 - стальные чешуйки; 3 – металлическая проволока

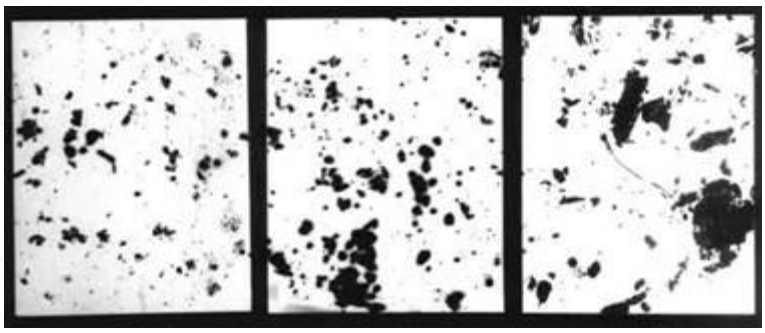


Рис. 3.10. Характерные микрофотографии частиц загрязнений из гидробаков экскаваторов:
а, б - масштаб 40:1; в - масштаб 200:1



Рис. 3.11. Загрязнения на дне гидробака экскаватора ЭО-4124

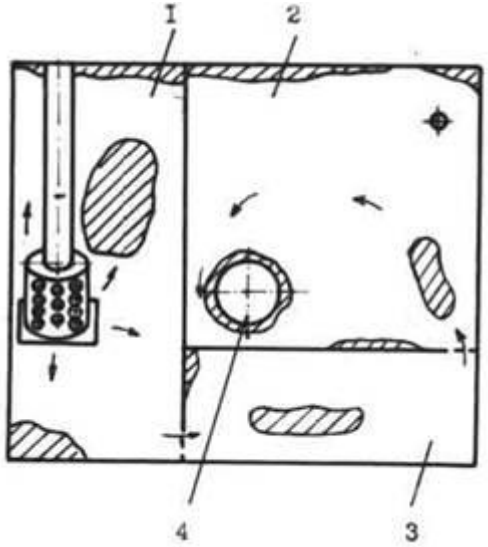


Рис. 3.12. Наиболее характерные места скопления загрязнение на дне гидробака экскаватора ЭО-4121А: I - сливная полость; 2 - всасывающая; 3 - промежуточная; 4 - всасывающий патрубок

Одним из основных путей повышения чистоты жидкости в эксплуатационных условиях является периодическая промывка гидросистем с удалением загрязняющих примесей и очисткой гидробаков от осадка на днище. Некоторые управления механизации в течение ряда лет успешно

эксплуатируют установки для промывки гидросистем УПГБ-1, конструкция которых, разработанная кафедрой, в настоящее время усовершенствована, разработаны модели центробежных очистителей для насосов различных типов.

Конструкция установки для промывки гидросистем

На кафедре транспортно-технологических машин СПбГАСУ разработана установка УПГБ-1 для промывки гидропривода и гидробаков экскаваторов и других строительных машин (рис. 3.13, 3.14). Жидкость в установке очищают реактивным центробежным очистителем конструкции ЛИСИ тонкостью до 10 мкм при подаче 120-150 л/мин (см. рис. 3.13). Конструктивные решения, используемые в установке защищены свидетельствами авторского права на изобретения: очистители жидкости №№ 957929, 957970, 1039577, 1181190, 1680345; установки для промывки гидросистем №№ 891123, 891970, 997742, 1097396; устройства для промывки гидробаков №№ 1079315, 11534376, 1296239, 1366243, 1397100, 1697915.

Техническая характеристика установки УПГБ-1

Установленная мощность, кВт - 4…8 (зависит от типа насосной станции)

Точность очистки, мкм - 10

Рабочее давление, МПа - 0,4…0,7

Частота вращения ротора, $с^{-1}$ - 2000…3500

Вместимость баков, $м^3$ - 2х0,6

Габариты, мм - 1000х1200х2800

Масса, кг - 500

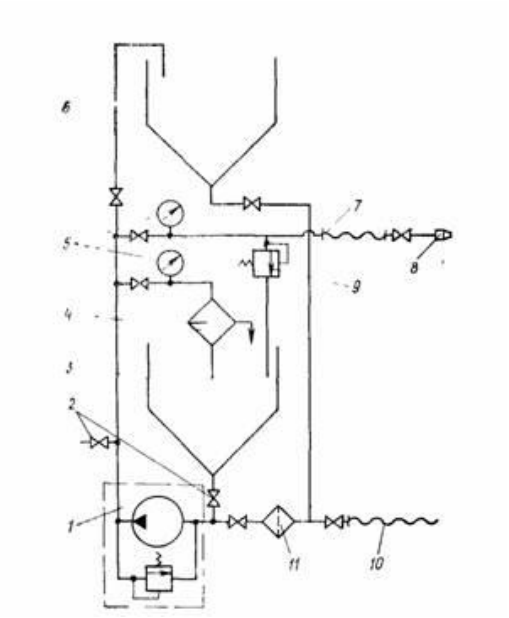


Рис. 3.13. Гидравлическая схема установки УПГБ-1
1 — насосная станция; 2 — краны; 3 — нижний бак; 4 — центробежный очиститель; 5 — манометры; 6 — верхний бак; 7 — нагнетательный трубопровод; 8 — сопло; 9 — предохранительный клапан; 10 — всасывающий трубопровод; 11— фильтр грубой очистки

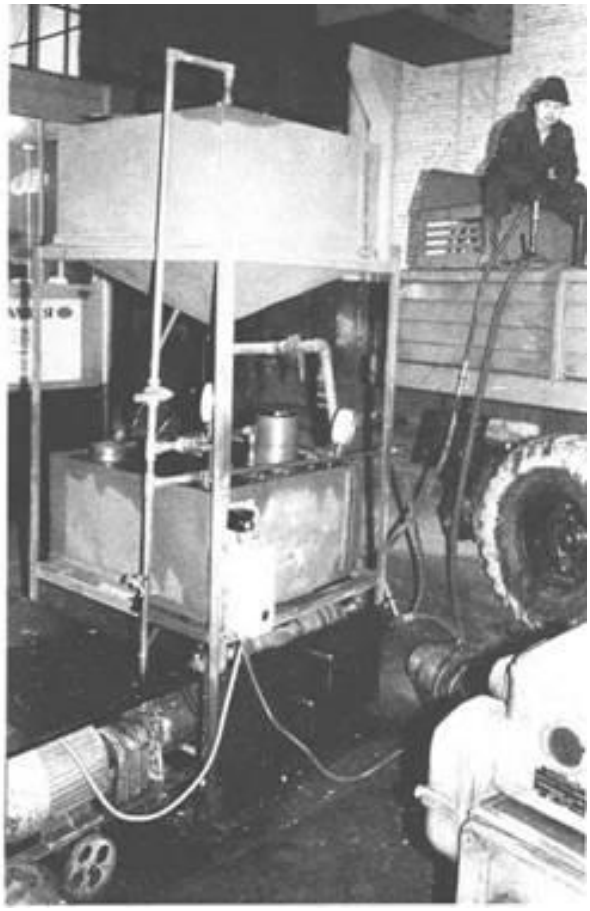


Рис. 3.14. Установка УПГБ-1 при промывке гдросистемы экскаватора ЭО-3322А в управлении механизации «Ленгазтеплострой»

Пропускная способность установки достаточна для поддержания высокого уровня чистоты гидравлических масел в парке машин крупного управления механизации. Срок окупаемости установки — не более 1 г.

Цикл промывки (рис. 3.15) гидросистемы повторяется 2—3 раза. При необходимости может быть произведена дозаправка системы чистым маслом из верхнего бака установки. Общая продолжительность промывки гидросистемы составляет 40…60 мин. Чистота РЖ контролируется с помощью анализатора чистоты (описан в разделе 3.4).

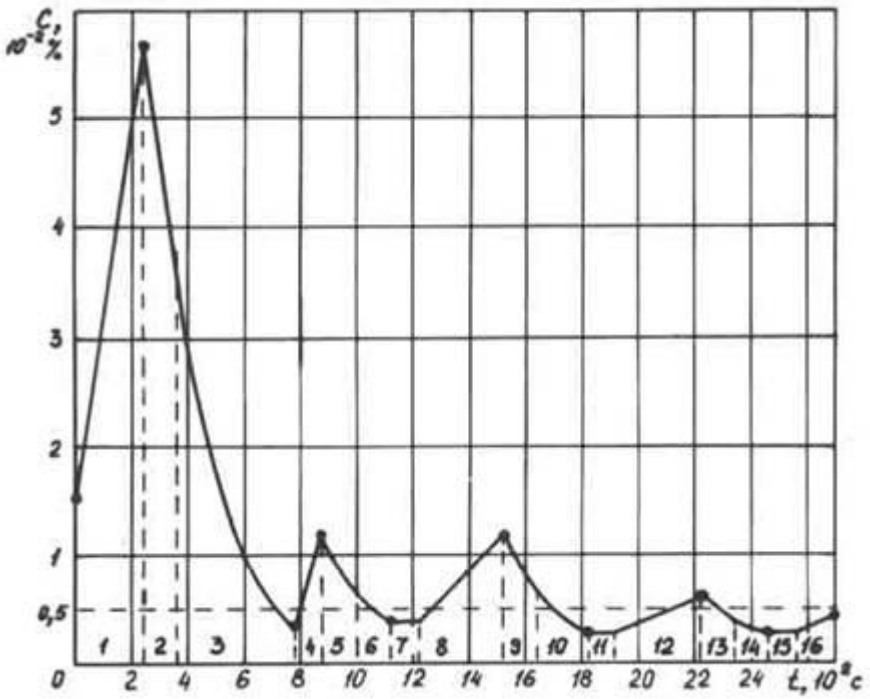


Рис. 3.15. Изменение загрязненности рабочей жидкости при промывке гидропривода экскаватора ЭО-4121А
1 — промывка гидробака; 2, 5, 9, 13 — перекачка жидкости в бак установки; 3, 6, 10, 14 — очистка жидкости в установке; 4 — ополаскивание гидробака; 7, 11, 15 — закачка жидкости в гидробак экскаватора, 8, 12, 16 — прокачка жидкости насосом машины через элементы гидропривода (горизонтальная пунктирная линия на уровне 0,5%х10-2 - максимально допустимая концентрация загрязнений в жидкости по ГОСТ 17216-2001)

Установка используется также для предварительной очистки гидравлических масел, получаемых с нефтебазы, и промывки тары.

3.4. Применение технической диагностики

3.4.1. Общие принципы применения технической диагностики

Одной из задач обеспечения работоспособности техники и ее безопасности является получение информации о техническом состоянии, возможности предупреждения отказов и остаточном ресурсе для планирования ее работы и профилактических мероприятий. Эту задачу

решают техническая диагностика как методика и техническое диагностирование как процесс.

Понятие «техническая диагностика» имеет много определений, например, действующий ГОСТ 20911-89 «Техническая диагностика. Термины и определения» рассматривает техническую диагностику как отрасль знаний, охватывающую теорию, методы и средства определения технического состояния объекта, а техническое диагностирование – определение технического состояния объекта. Ряд авторов рассматривает техническую диагностику как отрасль знаний, исследующую техническое состояние объекта диагностирования, а техническое диагностирование – как процесс оценки технического состояния машин без разборки по косвенным признакам – диагностическим факторам или диагностическим параметрам. Если диагностический фактор имеет качественную характеристику, то диагностический параметр предусматривает также оценку количественного значения фактора.

Техническое диагностирование дает объективную оценку состояния машины или оборудования с помощью визуальной оценки, показателей встроенных диагностических устройств и применяемого диагностического оборудования. Диагностирование позволяет выявить те износы или дефекты, которые в настоящее время не влияют на работоспособность машины, но в течение какого-то периода могут привести к отказу, т.е. после диагностирования можно определить необходимые мероприятия для предупреждения отказа. После диагностирования проводится также оценка соответствия реального состояния машины нормативным требованиям, а в случае отработки нормативного ресурса – возможности продления срока эксплуатации.

Средства диагностирования могут быть встроенными в машину – обычно это приборы с датчиками, показывающими характеристики двигателя, скорость автомобиля, или более сложные, где датчики завязаны на

встроенный компьютер и показывают износ тормозных накладок лебедок крана, исправность тормозов, наличие повышенных вибраций в редукторах, перегрев подшипников и т.п.

Инструментальное диагностирование предусматривает измерение величины косвенных признаков с помощью диагностических приборов для получения заключения о состоянии машины или агрегата, например, замер величины перетечек в насосе или распределителе показывает степень их износа. Оценку результатов диагностирования дает специалист.

Специалист, проводящий диагностирование, должен прежде всего знать конструкцию технического устройства, его слабые места, где возможны дефекты, методику проведения технического диагностирования, основные диагностические факторы для данного оборудования. Он дает заключение на основании инструментального контроля с применением диагностического оборудования, который проводит диагностическая лаборатория, специалист которой имеет право подписи протокола.

Диагностическая лаборатория располагает различными видами диагностического оборудования и специалистами, которые могут выполнять диагностирование с помощью этого оборудования. Лаборатория должна иметь лицензию как на применение того или иного вида оборудования, так и на диагностирование тех или иных видов техники, поскольку методики диагностирования, например, грузоподъемных кранов и газопроводов существенно различаются. Работник лаборатории обычно аттестуется на один или несколько видов неразрушающего контроля и на группах технических устройств, на которых проводится диагностирование

3.4.2. Выбор методов диагностирования

Выбор методов диагностирования и диагностического оборудования для условий работы со строительной техникой на Севере несколько

отличается от общепринятых вариантов. Основные требования – мобильность и транспортабельность, универсальность, сохранение работоспособности при минусовых температурах.

Состав и параметры диагностической лаборатории определяются ее задачами, применяемыми методами диагностирования, возможностью использования тех или иных видов диагностического оборудования, квалификацией персонала, финансовыми возможностями.

Объектом диагностирования может быть машина в целом или ее составляющие части: металлоконструкции, двигатель внутреннего сгорания, трансмиссия, ходовая часть, гидравлическая система, электрооборудование, включая электродвигатели, рабочее оборудование. Соответственно, для каждого из этих элементов есть свои методики диагностирования и приборы.

Средства диагностирования, как отмечалось выше, могут быть встроенными в машину или использоваться диагностической лабораторией. Естественно, что встроенные средства позволяют постоянно контролировать техническое состояние машины, но они усложняют ее конструкцию и стоимость. Поэтому можно рассмотреть целесообразность применения одного или другого варианта. В этом случае могут быть два критерия – обеспечение безопасности работы машины и сложность ее конструкции.

Для определения исходной номенклатуры машин и оборудования, исходя из уровня угрозы безопасности работы машины и персонала, можно рассмотреть две группы машин:

1-ая группа – машины и оборудование, аварийные ситуации на которых приводят к катастрофическим или критическим событиям - угрозе жизни людей, существенному ущербу имуществу и окружающей среде (краны большой грузоподъемности, выправочно-подбивочные машины, мостоукладчики и др.);

2-ая группа – машины и оборудование, аварийные ситуации на которых приводят к некритическим событиям или событиям с малыми последствиями

(не угрожает жизни людей, возможны отдельные случаи травмирования людей, не приводит к существенному ущербу имуществу или окружающей среде);

Очевидно, машины и оборудование первой группы, как наиболее ответственные, целесообразно оборудовать стационарными системами контроля рабочих параметров с целью проведения непрерывного контроля, позволяющего отслеживать как динамику изменения рабочих параметров, так и контролировать техническое состояние, как агрегата в целом, так и его элементов. Например, контроль износа тормозных накладок лебедок и ходовых тормозов мостовых и гусеничных кранов большой грузоподъемности может вестись постоянно с выводом информации на монитор. Задача непрерывного контроля – предвидеть возможные проблемы и сообщить о необходимости принятия мер для предотвращения возможных аварийных ситуаций, сигнализируя о подходе параметра к критической величине.

Основной недостаток систем непрерывного контроля заключается в следующем: сигнал об отступлении от нормативной величины рабочего параметра не всегда позволяет однозначно идентифицировать причину неисправности, например, падение давления масла в двигателе может быть следствием различных причин. Причиной снижения давления масла в гидросистеме может быть износ гидронасоса, неисправности в распределительной системе, перетечки в гидроцилиндрах, низкая вязкость масла и т.п. Соответственно, по причине сложности определения зависимости рабочих параметров от причин их изменения, стационарные системы контроля зачастую не могут дать общую картину состояния оборудования и прогнозировать его ресурс. Поэтому для получения полной информации о состоянии объекта и прогнозирования его ресурса целесообразно сочетать устройства постоянного контроля с более глубокими периодическими диагностическими обследованиями.

При проектировании современных машин и оборудования конструкторы закладывают контрольные устройства двух типов – контролирующие рабочие параметры и предупреждающие о возможном появлении отказов износного характера. Эти устройства включают систему датчиков и блоки обработки информации и принятия решений. Вместе с тем даже самые современные встроенные системы не позволяют идентифицировать появление целого ряда дефектов, например, микротрещин и трещин металлоконструкций и корпусов. Часть дефектов может быть выявлена при регламентированном техническом обслуживании, но многие могут быть определены только с помощью приборов, например, те же микротрещины. Поэтому независимо от рассматриваемой группы машин и оборудования требуется обязательное проведение периодического инструментального контроля технического состояния.

Текущие тенденции развития производства предъявляют определенные требования к такому виду контроля – возможность обеспечения наблюдения, оценки и прогноза состояния машины или оборудования без выведения его из работы, функциональное техническое диагностирование (мониторинг технического состояния), являющееся составной частью технической диагностики. [71].

При выборе методов и средств диагностирования следует рассматривать ряд критериев, определяющих целесообразность и возможность применения методов диагностирования в данном конкретном случае. Такими критериями, например, могут быть: информативность метода, экономическая целесообразность его применения, стоимость проведения диагностирования, доступность диагностического оборудования, необходимая квалификация оператора и т.д.

В целом, все возможные критерии применимости диагностического оборудования можно объединить по трем факторам – информативность, адаптивность и экономичность.

Фактором информативности метода служит возможность получения информации о техническом состоянии объекта и достоверность этой информации. При этом полученная информация может либо только свидетельствовать об отклонениях от нормативных параметров, или конкретно указывать на место и причину неисправности. Естественно, что во втором случае степень информативности и ценность полученной информации будет более высокой. Преимущество имеют такие методы, которые не только позволяют получать информацию о текущем состоянии объекта, но и позволяют прогнозировать его состояние на определенный период.

Адаптивность предусматривает применимость метода для данного оборудования или группы техники. В данном случае могут рассматриваться следующие требования к диагностическому оборудованию:

- возможность выполнения диагностических работ в полевых условиях, включая установку датчиков;
- универсальность;
- габариты и масса, возможность подачи к обследуемому оборудованию;
- транспортабельность, в том числе виброустойчивость;
- возможность работы при отрицательных или повышенных температурах;
- помехозащищенность;
- доступность приобретения оборудования;
- ограничение требований к квалификации оператора;
- ограниченность объема и доступность подготовительных работ;
- длительность проведения процедуры диагностирования;
- простота обработки материалов диагностирования.

Экономические факторы существенно зависят от величины обслуживаемого парка техники или оборудования. При этом могут рассматриваться:

– капитальные затраты на приобретение оборудования;

– затраты на разработку методик проведения диагностирования;

– затраты на обучение операторов;

– стоимость одного диагностического обследования.

Подход к выбору диагностического оборудования предусматривает оценку возможных вариантов с использованием указанных выше критериев. При этом применимость критериев зависит от характеристик объекта диагностирования. Технические устройства, эксплуатируемые на объектах строительства, можно условно разделить на транспортно-технологические машины (в нашем случае машины, используемые в строительном производстве) и оборудование.

Под понятием «машина» будем понимать устройство, включающее в общем виде в качестве составных частей силовой агрегат, трансмиссию, ходовую часть и рабочее оборудование, например, грузоподъемные краны всех типов, строительные и дорожные машины и др.

Понятие «оборудование» включает две категории – динамическое оборудование (компрессоры, насосы, дробилки, бетонные заводы и т.п.) и статическое оборудование (котлы, сосуды под давлением, трубопроводы, и др.).

Естественно, что требования к диагностическому оборудованию для разных объектов диагностирования будут существенно различаться. При выборе методов диагностирования прежде всего необходимо определить, какие составные части объекта диагностирования требуют наибольшего контроля. Это не обязательно будут составные части, обеспечивающие безопасность функционирования объекта, но определяющие его работоспособность. Следует отметить, что для качественного определения

технического состояния объекта необходимо применять несколько видов диагностирования, начиная с простейшего – визуально-измерительного контроля и различных инструментальных методов для контроля отдельных параметров.

Последние можно представить в виде двух групп – для контроля состояния металлоконструкций и контроль состояния сопряжений. Для контроля состояния металлоконструкций, позволяющего проводить выявление дефектов и прогнозировать ресурс, разработано достаточно большое количество методов, включая рентгеновский, ультразвуковой, магнитный, радиационный, вибрационный и т.п. методы контроля. Часть этих методов, например, рентгеновский и тепловизионный, более подходят для контроля оборудования, например, тепловизионный метод используется для контроля котлов, теплообменников и технологических трубопроводов. Большая часть методов является универсальными, например, различные виды ультразвукового контроля, контроль проникающими веществами и т.п.

В последнее время для диагностики технического состояния металла технических устройств находят применение методы магнитной памяти металла и магнитоакустический, позволяющие прогнозировать ресурс изделий. Эти методы нашли применение, например, для металлоконструкций тяжелых гусеничных кранов и кранов на спецшасси, выправочно-подбивочных машин, ряда экскаваторов и могут быть использованы для:

− определения уровня максимальных нагрузок, испытываемых элементами несущих металлоконструкций в процессе эксплуатации;

− определения уровня остаточных напряжений и упруго-пластических деформаций в узлах несущих элементов металлоконструкций;

− оценки остаточного ресурса расчётных элементов металлоконструкций в процессе эксплуатации;

− прогнозирования работоспособности отдельных узлов и механизмов, выявления наиболее нагруженных элементов металлоконструкций;

− контроля совместимости металлов основы и накладок при ремонтных работах и в процессе эксплуатации;

− контроля механических свойств и структуры ферромагнитных сталей, применяемых при изготовлении и ремонте металлоконструкций;

− контроля напряжённого состояния элементов металлоконструкций.

Для приводов и динамических устройств применимы вибрационные, акустические и виброакустические виды диагностирования с различными методами обработки получаемого сигнала, например, с методом спектрального анализа виброакустического сигнала для диагностики редукторов грузоподъемных кранов, путеукладчиков, передвижных бетонных заводов, дробилок и др.

Этот вид диагностирования является достаточно новым и требует проведения дополнительных исследований для его реализации, вместе с тем он показывает свою эффективность, особенно для прогнозирования ресурса такого оборудования как турбины, компрессоры, нефтяные насосы и т.п.

При наличии широкого спектра возможных методов неразрушающего контроля, выбор для конкретного случая обуславливается видом изделия и условиями его эксплуатации. В принципе, существуют методики, позволяющие формализовать процесс выбора методов контроля и диагностического оборудования с учетом рассмотренных выше факторов. Поскольку данная задача является многокритериальной (многофакторной), такие методики основываются на применении метода Парето, квалиметрических матриц, задачи о лидере теории графов и др.

Последовательность операций по выбору методов диагностирования и диагностического оборудования представлена на рис. 3.16.



Рис. 3.16. Последовательность операций по выбору методов и оборудования

В предлагаемой схеме не расшифровывается понятие «система диагностирования», которая включает кроме оборудования периодичность и объем диагностических работ. Последнее часто зависит от характера эксплуатации машин и оборудования.

Например, для мостовых кранов, работающих на железобетонных заводах, наиболее важно проверять величину износа металла главных балок из-за коррозии, у козловых кранов наиболее подвержены коррозии кроме главных балок нижняя часть опор, а у стреловых кранов важно установить отсутствие или наличие микротрещин в основных нагруженных элементах.

Следует подчеркнуть, что контроль технического состояния эффективен только тогда, когда он представляет собой систему, включающую подбор средств диагностирования и технологию их использования, включающую определение периодичности контроля, порядок проведения измерений и анализ полученных результатов.

Приведенные выше принципы выбора методов диагностирования представляются базовыми, применимость тех или иных критериев, учет факторов, их возможное ранжирование зависят от конкретных условий.

В частных случаях решение может приниматься, исходя из целей контроля и возможностей применения того или иного диагностического оборудования, но в случаях, когда требуется обеспечение максимальной безопасности оборудования или предусмотрены существенные капитальные вложения для организации мониторинга оборудования, целесообразно использовать математический аппарат для получения оптимального решения.

Диагностирование строительных машин в полевых условиях или в условиях мастерских проводится с помощью переносных диагностических приборов. В настоящее время в России выпускается достаточно большая номенклатура таких приборов, по качеству соответствующих зарубежным, но имеющих то преимущество, что многие из них могут работать в условиях отрицательных температур.

Наиболее популярными в полевых условиях являются приборы ультразвукового контроля, капиллярная дефектоскопия и магнитопорошковый контроль, примеры выпускаемых приборов, которые можно использовать в условиях подвижных мастерских, представлены ниже.

Ультразвуковые мобильные толщиномеры позволяют определять толщину металла от 0,8 до 300 мм и работоспособны при минусовых температурах. Например, прибор ТЭМП-УТ1 работает в интервале температур от – 30°С до +350°С, у ТЭМП-УТ1с нижняя граница – 40°С, прибор УТМ-МГ4 при аналогичных параметрах не требует зачистки поверхности металла.

Ультразвуковые дефектоскопы А1212 Мастер и А1211 Мини работоспособны в интервале от -35°С до +55°С, они позволяют определить качество сварных швов и дефекты металлоконструкций строительных машин, более мощные дефектоскопы УСД-46 и УСД-50 имеют

температурный интервал -30 - +50°С, позволяют находить дефекты при толщине стали до 2900 мм.

Для контроля твердости стали применяются портативные ультразвуковые твердомеры ТКМ-459М и ТКМ-459С.

Приборы для магнитопорошковой дефектоскопии представлены серией приборов СТРИМ-10, СТРИМ-А, СТРИМ-15. Они позволяют находить поверхностные или подповерхностные дефекты (трещины флокены, несплавления). Вес приборов от 14 до 22 кг, что позволяет использовать их на строительной техник в полевых условиях.

Вихретоковая дефектоскопия может выполняться портативным прибором ГАЛС ВД-103, который позволяет определить наличие и величину трещин или коррозии под слоем диэлектрика толщиной до 5 мм или под слоем смазки.

Капиллярный контроль (контроль проникающими веществами) применяется для выявления трещин и микротрещин. В качестве смачивающих жидкостей (пенетрантов) применяют керосин или его смесь с маслом, в качестве проявителя – водный или спиртовой раствор мела. Второй метод – люминесцентный предусматривает введение в перенетрант люминофоров. Облучение пенетранта ультрафиолетовым излучением позволяет повысить чувствительность в несколько раз по сравнению с предыдущим методом.

Материалы для магнитопорошковой дефектоскопии и пенетранты на российском рынке представлены целым рядом фирм в различных вариантах упаковки.

Для магнитной дефектоскопии канатов в России выпускаются две модели: УДК-3 и «Интрос». Дефектоскоп «Интрос» состоит из электронного блока и набора магнитных головок для различных диаметров канатов. Головка разъемная, величина индукции при изменении диаметра каната или его износе при перемещении головки по канату измеряется датчиками Холла.

Применение прибора «Интрос» для дефектоскопии канатов кранов, в том числе башенных, а также канатных дорог показало его высокую эффективность.

3.4.3. Мониторинг техники, применяемой в строительстве

В современных транспортно-технологических машинах большой объем занимают крупногабаритные машины и установки, стоимость которых исчисляется миллионами рублей. Они рассчитаны на длительный срок службы, стоимость простоя их из-за неисправности весьма высока, особенно, если учитывать то, что они часто входят в технологическую цепочку, и их остановка ведет к прекращению работы всего технологического процесса. При этом необходимо обеспечение безопасности эксплуатации машин, особенно тех, которые используются на опасных производствах или связаны с нахождением людей в зоне их работы.

В связи с этим важной проблемой является обеспечение постоянного контроля технического состояния таких машин и прогнозирование их ресурса. При проектировании машин закладывается определенная величина ресурса, исходя из требований заказчика, при этом расчет ведется для заданных условий эксплуатации. На практике эти условия могут отличаться от заложенных при проектировании, поэтому реальная величина ресурса машин может варьироваться в достаточно широких пределах.

Расчетные величины надежности машин и их ресурса должны обеспечить их надежную эксплуатацию, но здесь вступает в действие знаменитый закон «все, что может портиться, портится, все, что не может портиться – портится тоже», то есть вероятность выхода техники из строя есть величина неопределенная. Вероятность отказа или снижения ресурса может увеличиваться за счет отклонений от режима эксплуатации, скрытых дефектов изготовления, конструктивных недоработок отдельных элементов,

ошибок обслуживающего персонала и т.п. Например, по статистике более половины аварий с грузоподъемными кранами обусловлены неправильными действиями операторов и машинистов.

Сложные технические системы, к которым относятся строительные машины, состоят из многих подсистем и элементов, надежность и техническое состояние каждого из них определяет работоспособность системы в целом, поэтому только постоянный контроль их технического состояния обеспечивает надежность работы всей системы. Такой контроль сложных технических систем в период эксплуатации может наиболее эффективно осуществляться в форме мониторинга.

Мониторинг позволяет, кроме того, решать задачи прогнозирования технического состояния машин и оборудования и их ресурса за счет получения характеристик изменения их технического состояния во времени в период эксплуатации, в том числе базовых элементов, определяющих величину ресурса.

Определения понятия «мониторинг» у разных авторов различаются. Наиболее общее понятие дает энциклопедия - «наблюдение, оценка и прогноз состояния системы или объекта». Мониторинг технического состояния является составной частью технической диагностики и определяется как техническое диагностирование объекта контроля без выведения его из работы. Мониторинг технического состояния может также определяться как диагностирование технического состояния объекта с заданной периодичностью. Т.е. определяющими в этом случае являются периодичность диагностирования и его проведение без разборки оборудования или без остановки его работы.

Внедрение мониторинга сложных технических систем позволяет получить существенный экономический эффект. В ряде случаев необходимость применение мониторинга вызывается требованиями обеспечения безопасной работы техники, например, грузоподъемных кранов,

особенно задействованных в технологическом процессе. Поэтому в России в ряде отраслей предусмотрены системы мониторинга, предусматривающие проведение регламентированного объема контрольных работ через заданные сроки, например, для энергетических котлов и оборудования гидроэлектростанций.

Существуют два вида мониторинга – постоянный и периодический. Постоянный мониторинг осуществляется встроенными диагностическими устройствами. В большинстве случаев его задача – контроль исправности машины и состояния технологического процесса. Такие системы основаны на получении информации от встроенных датчиков, которая поступает на контроллер с программируемой логикой, где происходит ее сравнение с эталонными значениями. Информация выводится на дисплей, что позволяет оператору быстро реагировать на возможные отклонения. В автоматизированных системах большинство отклонений устраняется автоматически. Некоторые из диагностических систем, осуществляющих постоянный мониторинг, позволяют контролировать износ отдельных элементов.

Встроенные диагностические системы информируют о текущем состоянии технических устройств, их задача – оценка величины эксплуатационных параметров, сравнение их с нормируемыми значениями и информирование о неисправностях или отказах. Однако наличие нормативных значений эксплуатационных параметров не обязательно свидетельствует об отсутствии дефектов, которые не влияют на эксплуатационные параметры, но могут привести к отказу или аварии, например, микротрещин. Для их выявления необходимо проведение периодического мониторинга. Эти работы проводятся лабораториями или экспертными организациями, располагающими соответствующими специалистами, диагностическим оборудованием и методиками.

Общая методология применения мониторинга основана на применении различных методов неразрушающего контроля. Из существующих методов неразрушающего контроля выбираются те, которые в рассматриваемом случае обладают наибольшей информативностью.

Для большинства технических устройств лимитирующим является состояние металлоконструкций и приводов, отсюда основные методики приборного диагностирования разработаны для этих компонентов. Например, для диагностирования металлоконструкций подъемных сооружений специалистами Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС) были разработаны методики применения магнитного и магнитоакустического контроля для подъемных сооружений. [126, 127]

Для металлоконструкций подъемных сооружений – кранов и эскалаторов основными показателями износа являются коррозия и изменение напряженно-деформированного состояния металла. В этом случае хорошо себя показал метод магнитного контроля с использованием магнитных структуроскопов. Мониторинг по коэрцитивной силе позволяет предупреждать переход металла в стадию разупрочнения и предотвращать аварийные ситуации. Периодический замер величины коэрцитивной силы показали, что величина коэрцитивной силы в наиболее нагруженных элементах зависит от срока службы машины и режима эксплуатации. Оценка изменения величины коэрцитивной силы по времени дает возможность прогнозировать дальнейшее изменение напряженно-деформированного состояния металла и ресурс металлоконструкции.

Магнитоакустический метод контроля был применен для мониторинга новой конструкции эскалаторов с повышенными динамическими нагрузками на металлоконструкции. Методом мониторинга был пространственный анализ напряженности собственных магнитных полей в зоне возможных деформаций или микротрещин путем проведения вейвлет-анализа

напряженности собственных магнитных полей рассеяния, что позволило выявить развивающиеся дефекты и прогнозировать техническое состояние металлоконструкций. Методику разработали и провели диагностирование эскалаторов ученые ПГУПСа доценты Попов В.А. и Ватулин Я.С. [14]

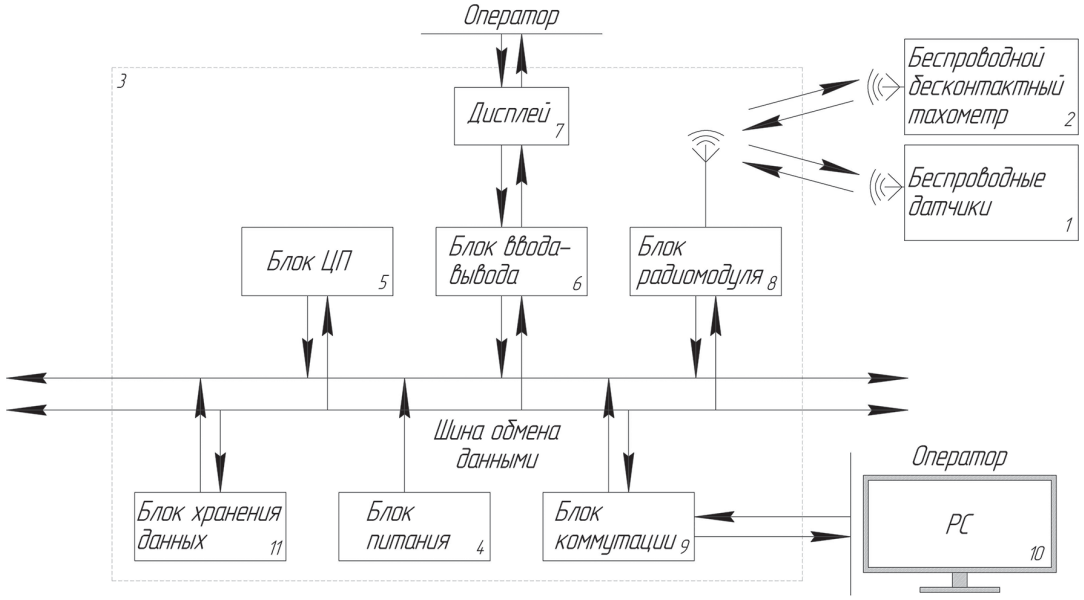
Для металлоконструкций широко применяется метод магнитной памяти металла, который по характеру распределения поля остаточной намагниченности на поверхности оборудования выявлять потенциально опасные участки в виде зон концентрации напряжений или микротрещин. Метод по трудоемкости относится к экспресс-методам, что позволяет применять его при периодическом мониторинге.

Вторым базовым элементом многих технических устройств является привод, где одним из основных составляющих являются редуктора, рассчитанные на весь срок службы машины. Они существенно влияют на эксплуатационную надежность машин в целом. Для контроля технического состояния редукторов переход от прежних методов с вскрытием корпусов и частичной разборки к методам безразборного неразрушающего контроля стал определяющим.

В последние время все большее применение находят методы диагностирования приводов в целом и редукторов, основанные на алгоритмах оперативной вероятностно-гарантированной оценки их текущего состояния. Под алгоритмами оперативной вероятностно-гарантированной оценки состояния подразумевается совокупность инструментов, направленная на получение результатов процесса сравнения значений текущих диагностических параметров со значениями эталонных образцов возможных состояний. Эталонный образец формируется в пространстве параметров состояния редуктора, накапливаемых в ходе эксплуатации на всех возможных режимах, и представляет собой множество точек пространства состояний, координаты которых определяют параметры, соответствующие условию работоспособности.

Применение приведенного алгоритма позволяет формулировать методики контроля технического состояния редукторов тепловым, виброакустическим, флуоресцентным и др. методами диагностирования, особенность которых заключается в обеспечении возможности как постоянного, так и периодического мониторинга редукторов с переходом на эксплуатацию по состоянию. Описываемый алгоритм нашел применение в системе контроля вибрации и температуры вращающихся элементов редукторов, разработанной к.т.н А.Н. Филиным (ПГУПС)., и ставшей прототипом ряда запатентованных устройств контроля технического состояния редукторов (например, патент 167483, рег. №2016101212). Сущность разработанной системы представлена в виде блок-схемы на рис.3.17. [14, 71]

Предлагаемая система контроля вибрации и температуры вращающихся элементов редуктора содержит следующие основные функциональные элементы: беспроводные датчики, беспроводной бесконтактный тахометр и главный контроллер, состоящий из блоков.



Фигура 1

Рис. 3.17. Блок схема системы контроля вибрации и температуры вращающихся элементов редукторов

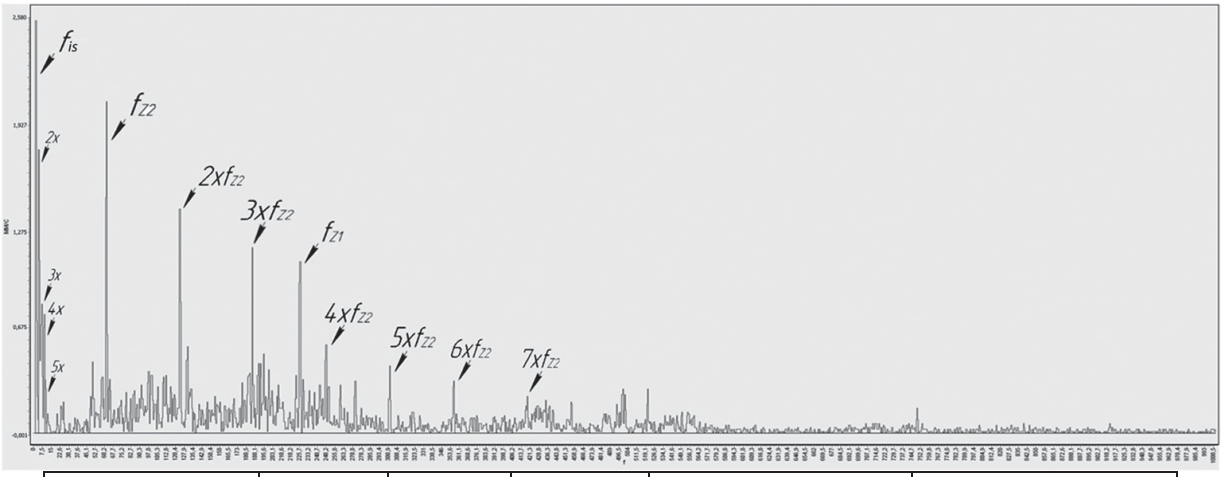
В качестве беспроводных датчиков вибрации применяются датчики с пьезоэлектрическими акселерометрами, ведущими измерения по трем взаимно перпендикулярным осям. Для замера температуры применены беспроводные датчики температуры с пирометрическими сенсорами. Для контроля частоты вращения используется беспроводной оптический тахометр с отражающей меткой.

Главный контроллер, используемый в системе контроля вибрации и температуры вращающихся элементов редуктора, состоит из следующих блоков:

- блок питания 4, с возможностью питания от сети переменного тока;
- блок центрального процессора обработки информации 5, состоящий из системной платы, с установленными процессором, модулями оперативной памяти, интерфейсами для подключения различных блоков: блока ввода-вывода, блока радиомодуля, блока хранения данных, блока питания, блока коммутации;
- блок ввода/вывода 6: через него подключаются устройства ввода, манипуляторы;
- блок радиомодуля 8 предназначен для приема информации с датчиков;
- блок коммутации 9 служит для связи с удаленным компьютером оператора 10 по сети Интернет;
- блок хранения данных 11 выполнен в виде разъемов для карт памяти с установленными картами памяти;
- специализированное программное обеспечение для обработки информации и сравнения с эталонными данными.

Далее приведен принцип работы системы. Беспроводные датчики ведут измерения значений температуры и амплитуд вибрации, бесконтактный тахометр считывает частоту вращения элемента редуктора, полученная информация после первичной обработки поступает в главный контроллер.

Главный контроллер проверяет уникальные идентификационные номера датчиков и тахометра (MAC-адрес, IP-адрес), соотносит их с базой уникальных идентификационных номеров датчиков (MAC-адресов, IP-адресов), и, в случае совпадения номеров, начинает прием данных и сохранение их на картах памяти. После обработки поступивших данных центральный процессор главного контроллера составляет отчеты, содержащие: амплитуды вибраций всех вращающихся элементов редуктора, функции зависимостей амплитуд вибрации точек, в которых установлены датчики, от времени и построенные с помощью преобразования Фурье спектры этих функций (рис. 3.18).



Обозначение	fis	fz1	fz2	Частоты, кратные fis	Частоты, кратные fz2
Частота, Гц	2	227	63	n·2, Z·n	n·63, Z·n
Амплитуда, мм/с	2,517	1,028	2,003	От 0,108 до 2,517	От 0,243 до 2,003

Рис. 3.18. Амплитудные спектры вибросигнала промежуточного вала редуктора Т00167

За счет автоматизированного анализа полученных спектров и их сравнения с заложенными в программное обеспечение эталонными образцами формируются отчеты, содержащие сведения о текущем техническом состоянии редуктора. В результате такая система позволяет вести контроль текущего технического состояния вращающихся элементов

редуктора и редуктора в целом в процессе их работы, позволяет заранее идентифицировать зарождающиеся дефекты, предотвратить повреждения редуктора, предупредить внеплановые отказы, в том числе аварийные. Использование этой системы возможно в системах сбора данных, контроля и диагностики технического состояния редукторов различных модификаций.

Опыт проведения работ по мониторингу кранов и эскалаторов показывает, что мониторинг позволяет своевременно получать объективную информацию об их техническом состоянии и планировать мероприятия по обеспечению их безопасной работы, а также оценивать остаточный ресурс. В зависимости от конструкции технического устройства и условий его работы выбираются методы проведения мониторинга и периодичность диагностирования. В свою очередь методики проведения мониторинга необходимо разрабатывать для каждого вида транспортно-технологических машин, базируясь на общих принципах использования данного метода.

3.4.4. Прогнозирование технического состояния и ресурса машин

Одной из важных задач, решаемых с помощью диагностирования, является прогнозирование технического состояния машин, т.е определение возможного срока его исправной работы, а также оценка ресурса машины. Эти задачи актуальны как для планирования загрузки мастерских по обслуживанию и ремонту машин, так и для прогнозирования состояния парка техники и его технической готовности. С этой целью два раза в год проводится осмотр техники строительной организации с применением инструментальных средств диагностирования.

Такая методика использовалась на строительстве БАМа при переходе на осенне-зимний или весенне-летний период эксплуатации, в результате чего был получен существенный экономический эффект за счет сокращения простоев техники и оптимизации использования мастерских. Такой опыт

имеется и за рубежом, например, в США железнодорожные компании весной и осенью проводят инструментальную проверку техники для содержания пути, на основании чего планируется ее обслуживание и ремонт на ближайшее полугодие.

При номерных технических обслуживаниях также проводится диагностирование в объеме для оценки текущего состояния машины, объем выполняемых при этом работ существенно меньше, чем при плановых осмотрах. При этом получаем прогноз технического состояния машины на ближайший период, это позволяет корректировать периодичность выполнения очередных ТО в данных условиях эксплуатации и их объем, например, необходимость очистки гидрожидкости, если эта работ не предусмотрена технологической картой на очередное ТО. Объем информации, получаемой при диагностике в объеме ТО, как правило, не позволяет провести оценку остаточного ресурса машины.

Существуют два основных метода прогнозирования ресурса машины – статистический и инструментальный.

В первом случае проводится сбор статистических материалов, характеризующих закономерность изменения технического состояния машин или их агрегатов одного типа. Такая работа выполняется при эксплуатации опытной партии машин, а также при работе парка однотипных машин в новых условиях, например, на Севере или тропическом юге. Для опытной партии важно уточнить величину ресурса, заявленную изготовителем, для новых условий эксплуатации – оценить реальную величину ресурса машин при работе в этих условиях.

Полученные закономерности дают возможность определить вероятность безотказной работы элементов и машины в целом в функции от их наработки. Данный метод позволяет сделать выводы относительно совокупности однотипных машин, но требует сбора достаточно большого объема информации для получения достаточно корректных результатов.

Инструментальное прогнозирование выполняется путем измерения значений диагностического параметра при определенной величине наработки машины. С помощью статистических методов определяется интенсивность изменения диагностических параметров. Наилучшие результаты дают методы мониторинга, но в тех случаях, когда мониторинг экономически нецелесообразен или его невозможно организовать, возможна оценка ресурса по нескольким замерам диагностических параметров, в том числе в разные интервалы.

Существует целый ряд методик оценки остаточного ресурса с использованием данных инструментального диагностирования, одна из таких методик предложена Н.Г. Гаркави и М.Г. Моисеенко. [28]

Прогнозирование остаточного ресурса выполняется экстраполяцией закономерностей изменения диагностических параметров в функции наработки. Ожидаемая величина диагностического параметра s_l определяется по формуле

$$s_i = s_н + ul^{\alpha}, \tag{3.3}$$

где s_n - начальное значение диагностического параметра; u - интенсивность изменения величины диагностического параметра в функции от наработки; l - наработка за рассматриваемый период; α - показатель, зависящий от интенсивности изменения параметра.

Считая, что остаточный ресурс $l_{ост}$ будет исчерпан по достижении диагностическим параметром предельной величины s_n с учетом приведенной выше формулы получим:

$$l_{\text{ост}} = l^{\alpha}\left(\frac{\sqrt{s_n - s_н}}{s_t - s_н} - 1\right), \tag{3.4}$$

Данная методика позволяет оценить остаточный ресурс как отдельных агрегатов, так и машины в целом. Оценка изменения рабочих параметров двигателя позволяет определить его ресурс до капитального ремонта или списания. Периодическое измерение толщины листа главных балок мостовых

или козловых кранов позволяет установить остаточный ресурс этих машин. Например, ультразвуковая толщинометрия боковых стенок главных балок козлового крана, работавшего в зоне выброса тепловой электростанции, проведенная повторно через год, показала, что срок службы крана вместо нормативных 25 лет может быть сокращен до 16 лет.

3.4.5. Диагностирование гидросистем

Одной из проблем, которая резко обостряется в зимнее время, является поиск причин полного или частичного отказа гидросистемы. Основные виды отказов – отсутствие или снижение рабочего давления, неравномерное движение рабочих органов или отказ работать под нагрузкой, снижение скорости рабочих операций – движения штоков гидроцилиндров или уменьшение скорости вращения гидромоторов, появление пены в гидробаке, а иногда и с выбросом через сапун, шум при работе гидросистемы и другое. В случае явного отказа (изгиб штока гидроцилиндра, обрыв рукава высокого давления, повышенная утечка рабочей жидкости через уплотнения) первая часть задачи решается достаточно просто. При отмеченном выше неявном отказе, то есть отказе, причина которого неясна и может иметь несколько вариантов, необходима проверка элементов гидросистем с целью определения места неисправности.

Поиск неисправностей методом «научного тыка», как правило, не дает результатов. Поэтому рекомендуется подходить к этому поиску системным методом с использованием комплекта приборов, имеющегося в мастерской технического обслуживания, по предлагаемой схеме (рис. 3.19).

Схема предусматривает последовательную проверку всех элементов гидросистемы по ходу рабочей жидкости. Проверка начинается с гидробака, после чего последовательно проверяются всасывающая магистраль, гидрораспределители, исполнительные органы и основной фильтр

гидросистемы. При этом элементы могут проверяться как на машине с помощью приборов, таки снятые с машины с помощью специальных стендов – гидрораспределители, насосы и гидромоторы.

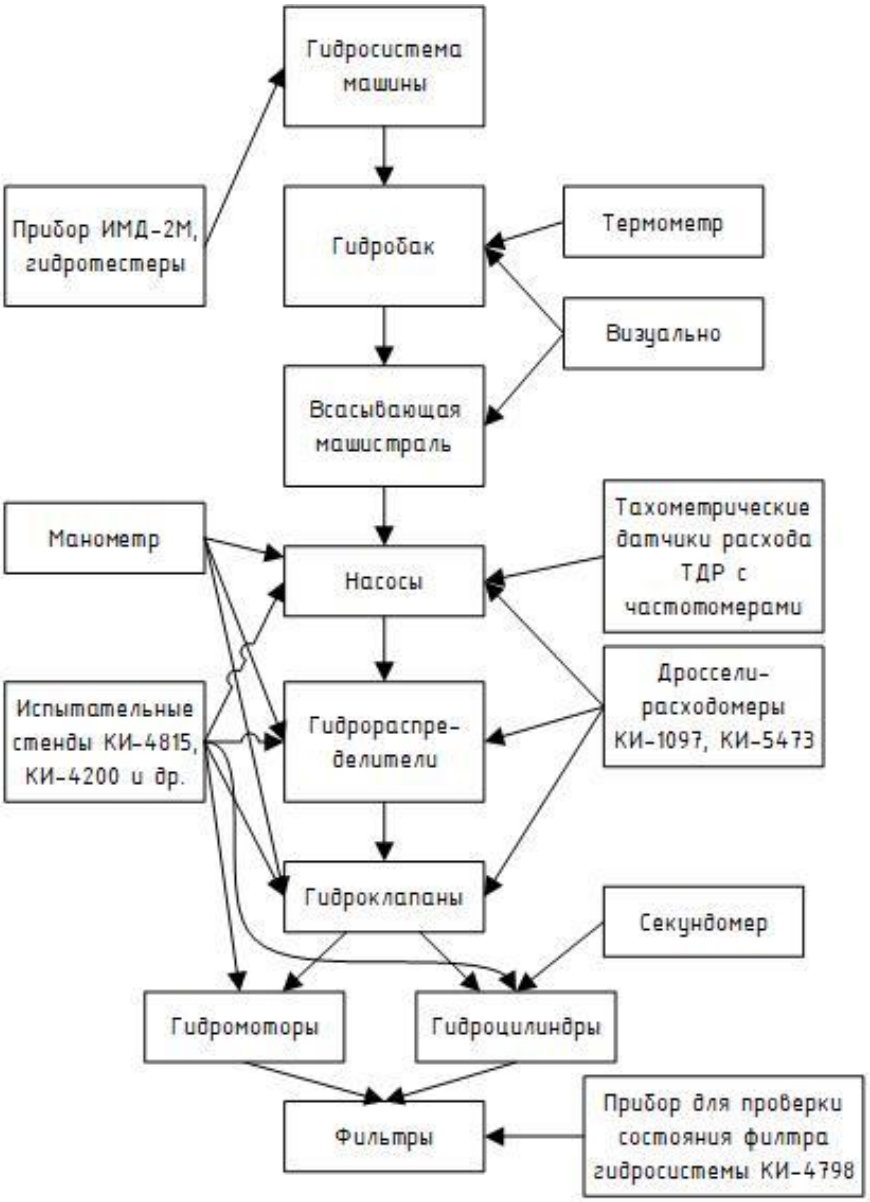


Рис. 3.19. Схема определения технического состояния элементов гидросистемы

Самое простое – это использование для поиска неисправностей дросселей-расходомеров, которые позволяют проверять основные источники неисправностей – насосы, гидрораспределители и гидроклапаны.

Причиной потери подачи рабочей жидкости насосом может быть для шестеренных насосов износ шестерен или перетечки между качающим блоком и крышкой, неисправность обратного клапана. Для аксиально-поршневых насосов – это износ пары блок цилидров-поршень, перетечки в зазоре между блоком цилиндров и распределителем из-за износа распределительной шайбы. У гидрораспределителей основной причиной отказа является заклинивание золотников частицами грязи или металла и износ седел перепускных клапанов. Возможно примерзание клапанов и золотников гидрораспределителей. Одна из причин плохой работы гидросистемы – загрязнение сливного фильтра или замерзание в нем воды.

Наиболее часто встречающиеся неисправности и отказы приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. Возможные неисправности в работе гидропривода, их признаки и способы устранения.

Признак неисправности	Неисправность	Способ устранения
1. Насос не подает рабочую жидкость (РЖГ) или подает в недостаточном количестве	1.1. Неисправен привод насоса	1.1. Проверить привод и отремонтировать
	1.2. Неправильное направление вращения насоса	1.2. Переключить направление вращения или заменить насос
	1.3. Повышенный износ насоса	1.3. Заменить насос
	1.4. Всасывание воздуха из-за недостатка РЖГ в баке, нарушения герметичности всасывающего трубопровода или износа манжеты шестеренного насоса	1.4. Проверить уровень РЖГ в баке и долить до уровня, проверить всасывающий трубопровод, выпустить воздух из гидросистемы
	1.5. Высокая вязкость РЖГ	1.5. Прогреть РЖГ или заменить менее вязкой
2. Работа гидросистемы сопровождается повышенным шумом	2.1. Наличие воздуха в гидросистеме	2.1. См. п. 1.4
	2.2. Плохо закреплены элементы гидросистемы	2.2. Проверить и закрепить
	2.3. Вибрация запорных элементов клапанов	2.3. Отрегулировать или заменить клапана
3. Перегрев рабочей жидкости гидросистемы	3.1. Недостаточный уровень РЖГ в баке	3.1. Долить РЖГ до уровня
		3.2. Включить маслоохла-

	3.2. Отключение маслоохладителя или перелив РЖГ через перепускной клапан 3.3. Применение РЖГ повышенной или пониженной вязкости 3.4. Увеличение потерь мощности из-за износа элементов гидрросистемы 3.5. Увеличение гидравлического сопротивления из-за засорения фильтров	дитель, отрегулировать клапан 3.3. Заменить РЖГ рекомендуемой 3.4. Проверить исправность, заменить или отремонтировать неисправные элементы 3.5. Проверить фильтр прибором, промыть или заменить фильтроэлементы
4. Неравномерное движение штока гидроцилиндра	4.1. Наличие воздуха в гидросистеме 4.2. Погнут шток, повреждены стенки гидроцилиндра или уплотнения поршня 4.3. Предохранительный клапан отрегулирован на давление, близкое к Рабочему	4.1. См. п. 1.4 Отремонтировать или заменить неисправный элемент Отрегулировать предохранительный клапан на давление срабатывания выше рабочего на 1,0 МПа
5. Самопроизвольное опускание рабочих органов	5.1. Износ уплотнений гидроцидиндра 5.2. Износ золотниковой пары	5.1. Заменить уплотнение 5.2 Отремонтировать гидрораспределитель
Признак неисправности	Неисправность	Способ устранения
6. Повышенное давление в гидросистеме	6.1. Нарушена регулировка предохранительного клапана 6.2. Загрязнение фильтров 6.3. Высокая вязкость РЖГ	6.1. Отрегулировать клапан 6.2. См. п. 3,5 6.3. См. п. 1.5
7. Появление пены в баке, выброс РЖГ через сапун	7.1. Мал или велик уровень РЖГ в баке 7.2. Подсос воздуха насосом	7.1. Проверить уровень и довести до нормы 7.2. См. п. 1.4
8. Не переключается золотник гидрораспределителя	8.1. Защемление золотника из-за попадания грязи или механических частиц 8.2. Отказ пружины или фиксатора золотника 8.3. Засорен дренаж	8.1. Разобрать и промыть золотник 8.2. Отрегулировать или заменить неисправный элемент 8.3. Проверить дренаж
9. Мала скорость рабочих операций	9.1. Мала производительность регулируемого насоса из-за неправильной установки регулировочного винта или поломки одной из регулировочных пружин	9.1. Подтянуть винт регулировки минимального расхода, заменить пружину регулятора мощности

	9.2. Мала производительность нерегулируемого шестеренного насоса	9.2. Проверить насос на стенде или дросселем-расходомером
	9.3. Большие перетечки РЖГ из-за износа перепускного клапана	9.3. Отремонтировать клапан
	9.4. Износ распределительной шайбы аксиально-поршневого насоса	9.4. Ремонт аксиально-поршневого насоса
10. Уменьшение скорости вращения гидромотора	10.1. Повреждение уплотнения на упорном кольце и диске распределителя, износ диска (шайбы) распределителя и поршней	10.1. Заменить уплотнения, при наличии износа отправить гидромотор в ремонт
11. Не вращается вал высокомоментного гидромотора	11.1. Заклинивание поршня в цилиндре, повреждение пружины поршня	11.1. Разобрать гидромотор и заменить поврежденные детали
	11.2. Перекос поводкового валика, царапины на трущихся поверхностях	11.2. Заменить поводковый валик или детали распределителя

При оценке технического состояния гидросистемы в целом выявляют наличие наружных утечек, шумов и стуков, вспенивания рабочей жидкости в гидробаке, проверяют уровень и температуру рабочей жидкости, усилие на рукоятках управления, плавность перемещения рабочих органов и отсутствие рывков при движении штоков и повороте. Как отмечалось выше, это позволяет определить, исправна или неисправна гидросистема в целом, но не всегда позволяет найти причины неисправности. Иногда при холостой проверке все системы работают нормально, а при нагрузке происходит отказ – низкая скорость работы рабочих органов или отказ работы под нагрузкой. Для работы с непрогретой рабочей жидкостью при низких температурах воздуха это явление наблюдается достаточно часто. Причиной может быть примерзание запорных клапанов гидроцилиндров и повышенная жесткость резиновых уплотнений поршня и штока и др. Очень важна чистота рабочей жидкости и соответствие ее вязкостных показателей рабочим температурам, отсутствие пены в гидробаке.

Особенность работы землеройных машин в летнее время – запыленность, которая ведет к быстрому загрязнению РЖГ. Загрязненная рабочая жидкость кроме нарушения работы гидрораспределителей и клапанов быстро делает неработоспособным фильтр гидросистемы. Состояние фильтра проверяют путем прокачивания через него РЖГ на слив, измеряя при этом давление в сливной магистрали дроссель-расходомером.

Техническое состояние насосов и гидромоторов может также оцениваться по вибрации, которая у неисправных агрегатов значительно больше и имеет больший диапазон частот. Для ее измерения применяются приборы ИМД-2М и ЭМДП-3. Последний прибор позволяет также измерять температуру рабочей жидкости и частоту вращения насоса.

В гидрораспределителях проверяются утечка рабочей жидкости, давление срабатывания перепускного и предохранительного клапанов, работа автомата возврата золотников нейтральное положение.

Основным показателем, характеризующим техническое состояние гидрораспределителей, являются внутренние утечки. Утечка жидкости через золотниковую пару не должна превышать 3 $см^3$/мин для распределителя Р-75 и 9 см3/мин для распределителя Р-150, утечки для экскаваторных и крановых распределителей с условным проходом 20, 25 и 32 мм не должны превышать соответственно 50, 75 и 100 $см^3$/мин. Превышение этих значений свидетельствует об износе золотников или корпусов. Определение утечек производится на машине с помощью дроссель-расходомеров или на стендах в ремонтных мастерских.

Для измерения утечек дроссель-расходомер подсоединяют к распределителю вместо одного из гидроцилиндров. Затем, включив подачу РЖГ, определяют ее расход при заданном давлении, который должен быть равен измеренной ранее подаче насоса. Разница между этими показателями дает значение утечки. Аналогично проверяется давление срабатывания предохранительного клапана.

У распределителей гидравлических экскаваторов и кранов утечки по зазорам золотников проверяют в условиях мастерских на специальных стендах при нейтральном положении золотников. РЖГ подается поочередно к каждому из золотников при заглушенных выходах. Величина утечки определяется по сливу в мерный сосуд в течение 2 мин.

Герметичность обратных клапанов напорных секций проверяется подводом РЖГ при включенном золотнике. Отвод сливной секции соединяется с баком, а напорная секция – с мерным сосудом. Утечки, замеряемые в течение 2 мин, не должны превышать 10 $см^3$/мин.

Гидроцилиндры проверяют на машине следующим образом. Штоковая полость заполняется рабочей жидкостью и глушится, к поршневой полости подается номинальное давление. В результате разности рабочих площадей создается усилие, которое при изношенных манжетах будет перемещать поршень. По скорости перемещения поршня судят о техническом состоянии гидроцилиндра.

Следует отметить, что при низких температурах поиск неявных неисправностей сильно затруднен. Поэтому машину стараются закрыть специальной палаткой и прогреть теплогенератором при невозможности ее подачи в инвентарное здание или сооружение.

3.4.6. Оборудование и приборы для диагностирования гидросистем

Анализаторы чистоты рабочей жидкости

Для оперативного анализа чистоты РЖ сотрудниками кафедры строительных и дорожных машин и оборудования ЛИСИ разработан центробежный анализатор, конструкция которого защищена несколькими документами авторского права. Анализатор состоит из тумбы-подставки с корпусом, внутри которого вертикально укреплен электродвигатель с ротором (рис. 3.20, 3.21). В кронштейнах ротора помещены конические

стаканы с пробами жидкости. На верхней панели корпуса имеется микропереключатель для отключения электродвигателя при открывании крышки. На пульте управления расположены реле времени и выключатель двигателя. В корпусе размещены бачок для слива рабочей жидкости после анализа и ниша для хранения стаканов. Ускоренная остановка ротора осуществляется с помощью колодочного тормоза.



Рис. 3.20. Общий вид экспресс-анализатора

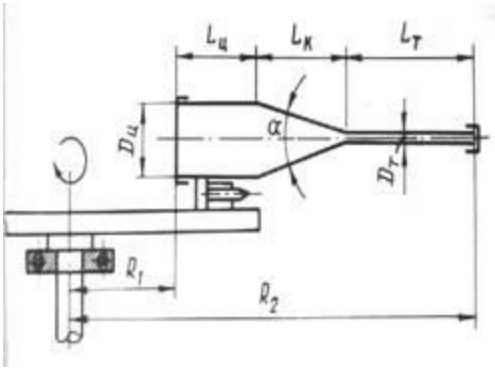


Рис. 3.21. Схема экспресс-анализатора с параметрами: $L_ц$, $L_к$, $L_т$ – длина цилиндра, конуса, трубки; $D_{ц,}$ $D_т$ – диаметр цилиндра трубки; R_1, R_2 – радиусы начальный и конечный

Техническая характеристика экспресс-анализатора

Время анализа, мин – 30.

Количество одновременно обрабатываемых проб, шт. – 2 или 4.

Мощность электродвигателя, кВт – 1,5.

Габариты, мм – 620х500х520.

Дроссель-расходомеры

Дроссель-расходомер (рис. 3.22) применяют для первичной проверки элементов гидросистемы на объемный КПД (утечки). Он состоит из корпуса 1 с входным и сливным штуцерами для подключения к гидросистеме машины, а также штуцером для установки манометра с демпфирующим устройством, предохраняющим манометр от повреждения. Внутри корпуса установлена гильза 2 с дросселирующей щелью. Торец плунжера 3 выполнен в виде спирали. При вращении рукоятки 6 плунжер сначала перекрывает отверстие гильзы, а затем и ее щель. С уменьшением величины дросселирующей щели давление РЖГ в нагнетательном канале прибора повышается.

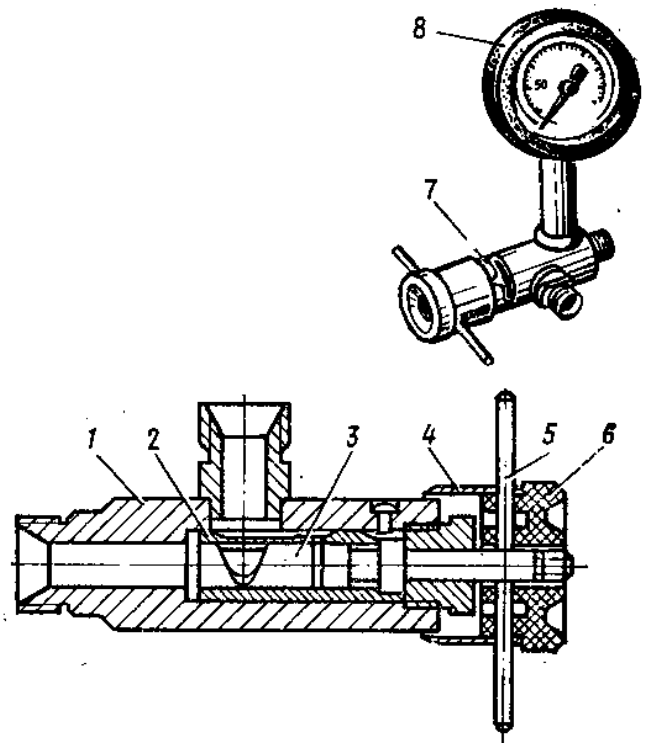


Рис. 3.22. Дроссель расходомер.
1-корпус; 2 – гильза; 3- плунжер; 4 - лимб; 5 – стержень; 6 – рукоятка дросселя; 7 – стрелка указатель; 8 – манометр.

Для проверки насоса прибор подключают к напорной магистрали и сливу, затем заводят двигатель и доводят его частоту вращения до номинальной. Это важно, поскольку подача насоса зависит от частоты его

вращения. Для замера расхода РЖГ поворотом рукоятки дросселя давление в приборе доводят до номинального для данного типа насосов (10 МПа для шестеренных и 16 МПа для аксиально-поршневых). Стрелка-указатель покажет на лимбе количество рабочей жидкости, протекающей через прибор. Величина расхода РЖГ сравнивается с табличными данными для данного насоса.

Дроссель-расходомеры выпускаются на различный расход и давление. Например, показанный на рис. 3.22 прибор КИ-5473, рассчитан на максимальный расход 90 л/мин и давление 25 МПа. Для экскаваторных аксиально-поршневых насосов, где расход существенно выше, для проверки с помощью этого прибора отбирают фиксированную часть потока с помощью специального прибора – делителя потока, или используют два-три параллельно подключенных прибора. Эти приборы обычно тарированы на определенную вязкость и температуру РЖГ, поэтому, если параметры РЖГ на машине существенно отличаются, то необходим пересчет.

Малогабаритные гидротестеры (дроссели-расходомеры ДР) ДР-9 и ДР-10

Конструкцию, подобную описанной, имеют малогабаритные гидротестеры, разработанные сотрудниками кафедры строительных и дорожных машин и оборудования ЛИСИ под руководством Алексеенко Петра Демьяновича в 1982 г. Основное отличие от описанной выше конструкции – более высокая пропускная способность, позволяющая измерять весь поток РЖ от насоса экскаватора четвертой размерной группы. Полное назначение устройств – измерение фактического расхода потока рабочей жидкости при заданном давлении, выявление внутренней негерметичности, износа и других неисправностей насосов, распределителей, цилиндров, моторов, клапанов, а также контроль общего состояния гидросистем.

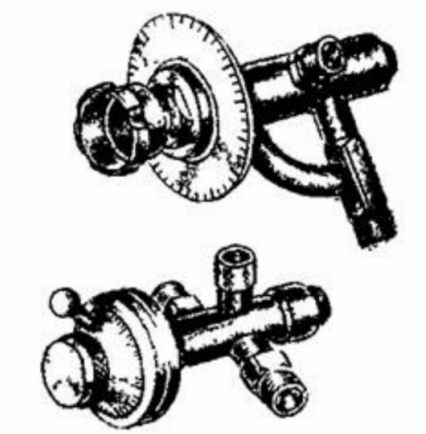


Рис. 3.23. Общий вид дросселей-расходомеров

Область применения – любые машины, станки, оборудование, у которых параметры гидропривода соответствуют характеристикам ДР, указанным на оборотной стороне этого листка.

Гидротестеры снабжены затворами конусного типа оригинальной конструкции, обеспечивающими надежность соединения даже при подключении к гидроприводам с высокой энергонапряженностью и тяжелыми условиями эксплуатации.

Гидротестер (рис. 3.24, 3.25) состоит из дросселя-расходомера I, размещенного в корпусе 2, подводящего патрубка 3, пробкового крана 4, термометра 5, вискозиметра 6 с краном 7, встроенного в патрубок 3, манометров 8 и 9 и отсчетного устройства 10.

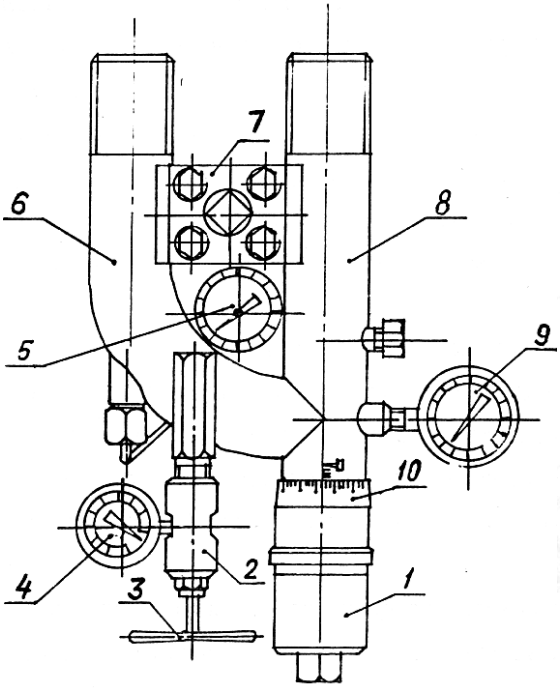


Рис. 3.24. Конструктивная схема ДР: 1 - дроссель-расходомер; 2 - вискозиметр; 3 - кран; 4,9 - манометры; 5 - термометр; 6 - подводящий патрубок; 7 - пробковый кран; 8 - корпус; 10 - отсчетное устройство

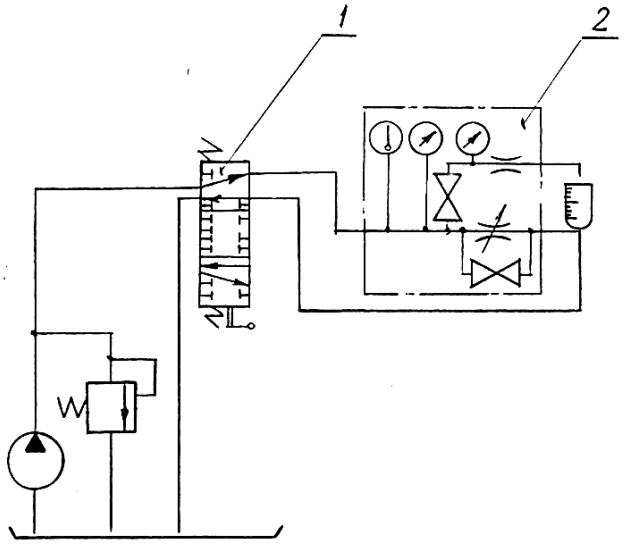


Рис. 3.25. Схема подключения гидротестера к гидросистеме экскаватора при диагностировани : 1 - рабочая секция гидрораспределителя; 2 – гидротестер

Достоинства ДР:

– компактность - приборы переносные массой 2 т 3 кг, содержат нагрузочное и измерительное устройства в одном блоке;

– универсальность - подключаются к любой точке гидросхемы с помощью обычных рукавов высокого давления;

– автономность - не требуют специальных источников питания; испытания проводятся непосредственно на машине без демонтажа агрегатов;

– прогрев гидросистемы - система прогревается до рабочей температуры в течение нескольких минут за счет нагрузки, создаваемой самим ДР;

− надежность - ДР не содержат легко повреждаемых электронных элементов, не боятся механических ударов, вибрации, пыли, влаги, повышенных и пониженных температур, случайных забросов высокого давления жидкости, способны работать при повышенном загрязнении рабочей жидкости механическими частицами (до 0,01/6 по массе) и водой (до 1%), не требуют специального обучения и высокой квалификации обслуживающего персонала;

− низкая стоимость - ДР поставляются по договорным ценам, рассчитанным на возмещение минимальных издержек производства с учетом инфляции; ДР дешевле электронных гидротестеров в 5 - 6 раз.

Таблица 3.3. Техническая характеристика ДР

Модель	Уровень давления, МПа(кгс/см^2)	Максимальный расход, л/мин
ДР-9. 20/200	20(200)	200
ДР-9. 16/150	16(160)	150
ДР-9.10/100	10(100)	100
ДР-10. 16/100	16(160)	100
ДР-10. 10/80	10(100)	80

ДР предназначены для применения в гидроприводах, у которых в качестве рабочей жидкости используются масла на нефтяной основе с вязкостью при 50°С до 35 ССТ.

Но специальному заказу потребителя разрабатываются и поставляются ДР для других рабочих сред, других ступеней давления в пределах до 50 МПа и расхода до 500 л/мин, а также гидротестеры на основе ДР в металлическом футляре, укомплектованные дополнительны приборами: манометрами для контроля давления в напорной и сливной линиях, термометром, индикатором вязкости рабочей жидкости, предохранительными клапанами.

ДР могут быть использованы не только как средство измерения, но и как простое средство регулирования расхода.

Применение описанных ДР позволит быстро найти и устранить неисправности гидросистемы, избежать необоснованных разборок и ненужных ремонтов, предотвратить аварии в гидросистеме, выявить повышенные потери энергии, повысить надежность и безопасность гидрофицированных машин и оборудования.

Универсальный гидротестер для диагностирования гидроприводов строительных машин конструкции ЛИСИ

Сотрудниками кафедры строительных и дорожных машин и оборудования ЛИСИ разработан универсальный гидротестер (ГТ), предназначенный для определения технического состояния и настройки гидропривода экскаваторов, грузоподъемных кранов и других мобильных гидрофицированных машин, а также для проверки гидросистем металлообрабатывающих станков, прессов и другого технологического оборудования [4, 8, 40, 92]. Гидротестер может использоваться как в полевых, так и в стационарных условиях. ГТ рассчитан на тяжелые условия эксплуатации, т.к. его конструкция не содержит электрических датчиков и преобразователей, а также легко повреждаемых элементов. В связи с этим ГТ прост в обслуживании и применении, не содержит дорогостоящих и дефицитных составных частей.

ГТ заменяет громоздкие стационарные стенды с большой установленной мощностью. Прибору не требуется привод и источник питания. ГТ подключается непосредственно к гидросистеме машины и позволяет оперативно оценить её техническое состояние и прогнозировать ресурс основных гидроагрегатов без демонтажа с машины.

Основное отличие гидротестера ГТ-9 от существующих приборов состоит в том, что он: не имеет электрических датчиков, преобразователей и других легко повреждаемых элементов, не совместимых с тяжелыми

условиями эксплуатации мобильных машин; не требует электрического питания, так как используется энергия потока рабочей жидкости; позволяет проверять и настраивать насосы, моторы, распределители, гидроцилиндры, клапаны, не снимая их с машины. При этом агрегаты приводятся в действие от собственного двигателя машины, поэтому отпадает необходимость в использовании стационарных испытательных стендов (рис. 3.26, 3.27).

Срок службы ГТ не ограничен при нормальных условиях эксплуатации.



Рис. 3.26. Общий вид гидротестера ГТ-9

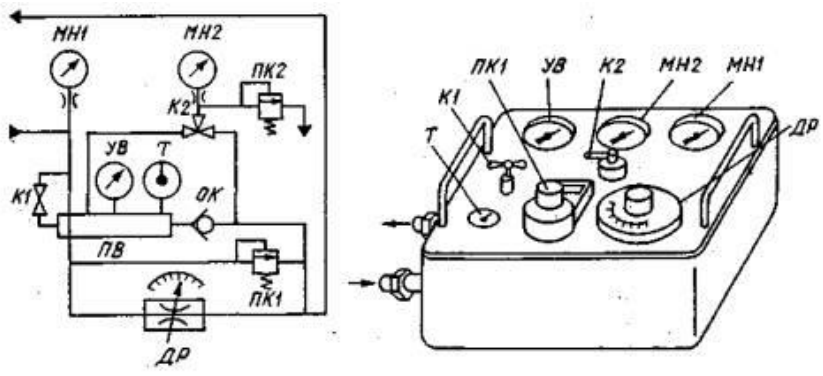


Рис. 3.27. Гидравлическая схема и схема расположения приборов:
ПВ – преобразователь вязкости жидкости; УВ–указатель вязкости; Т– термометр; ДР– дроссель-расходомер; МН1 – манометр низкого давления (0…20 кгс/см^2); МН2 – манометр высокого давления (0…20 кгс/см^2); ПК1, ПК2, ОК – предохранительные и обратный клапаны; К1, К2 – краны

Для защиты элементов гидропривода машины и приборов гидротестера от случайных перегрузок предусмотрен предохранительный клапан ПК1, который с помощью рукоятки и шкалы настраивается на заданный порог срабатывания.

Измерение расхода предусмотрено на трех уровнях давления: 10, 16 и 20 МПа в зависимости от номинального давления в гидроприводе диагностируемой машины. Возможна градуировка шкалы и на другие уровни давления в пределах до 25 МПа. В соответствии с фактической вязкостью

жидкости показания расходомера корректируются по специальной шкале прибора.

Измерение расхода может производиться при любой вязкости жидкости в диапазоне 5–100 сСт. Наиболее точно состояние агрегатов определяется при температуре и вязкости жидкости, соответствующих требованиям завода-изготовителя к установившемуся тепловому режиму гидропривода машины.

Для предварительного прогрева жидкости до рабочей температуры с помощью дросселя-расходомера давление устанавливается на уровне 0,3–0,5 номинального.

С помощью ГТ диагностируют следующие параметры гидроприводов:

1. Объемный КПД насоса путем измерения, его производительности при номинальном давлении.

2. Утечку жидкости через гидроагрегаты путем измерения расхода жидкости при номинальном давлении до агрегата и после него.

3. Давление настройки предохранительных клапанов.

4. Фактическую вязкость, температуру и вязкостно-температурные свойства рабочей жидкости с помощью встроенного в прибор вискозиметра оригинальной конструкции и манометрического термометра.

5. Состояние фильтров по давлению рабочей жидкости в сливной линии.

ГТ подключается к гидросистеме посредством рукавов высокого давления. Для защиты диагностируемой гидросистемы ГТ снабжен предохранительным клапаном, настраиваемым на предельное давление в гидросистеме.

Техническая характеристика ГТ-9

1. Условия, применения:

- диапазон температуры окружающей среды от -30 до 50°С;

- температура рабочей жидкости до +70°С.

2. Пределы изменения давления 0...320 кгс/см2.

3. Рабочее давление в гидросистема при измерении расхода - 10, 16, 20, 25 МПа.

4. Пределы измерения расхода 10...250 л/мин.

5. Пределы измерения вязкости жидкости – 5…100сСт.

6. Пределы измерения температуры жидкости 20…100оС.

7. Точность измерений:

- давления в пределах от 0 до 20 кгс/см2 - 0,1 кгс/см2,

от 20 до 320 кгс/см2- 5 кгс/см2;

- расхода жидкости - 2-4 л/мин;

- вязкости - 1-3 сСт;

- температуры - 5°С;

8. Габаритные размеры - 640х500х260 мм

9. Масса - 20 кг.

10. Количество обслуживающего персонала - I чел.

Прибор для оперативного контроля вязкости РЖ

Для оперативного контроля вязкости РЖ с целью повышения точности контроля технического состояния гидроприводов, а также диагностирования самой рабочей жидкости разработана конструкция индикатора вязкости. Прибор может подключаться непосредственно к гидросистеме машины на сливном трубопроводе. Конструктивная схема прибора представлена на рис. 3.28, общий вид - на рис. 3 29.

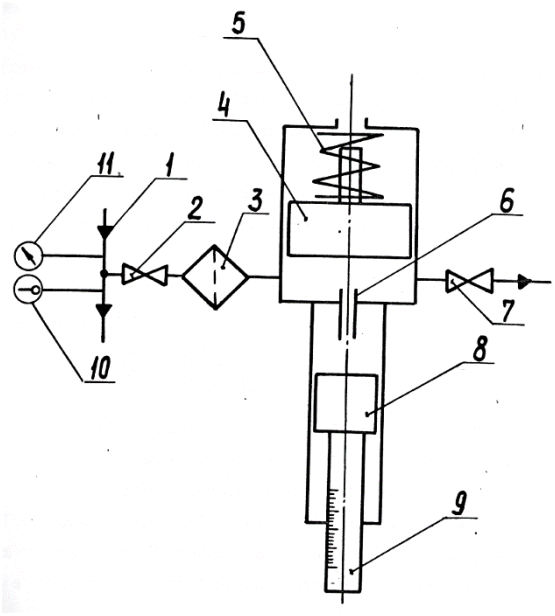


Рис. 3.28. Конструктивная схема индикатора вязкости:
1- трубопровод гидросистемы машины; 2,7 - краны; 3 - фильтр; 4 - большой поршень; 5 - пружина; 6 - капилляр; 8 - малый поршень; 9 - мерный шток со шкалой; 10 - термометр; 11 – манометр

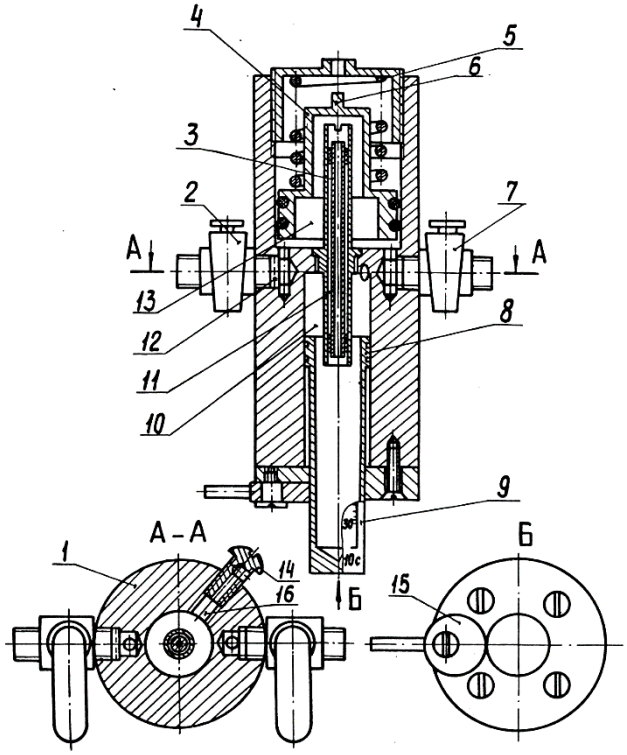


Рис. 3.29. Общий вид индикатора вязкости:
1 - корпус; 2,7 - краны; 3 - крышка; 4 - большой поршень; 5 - пружина; 6 - штырь; 8 - малый поршень; 9 - мерный шток со шкалой; 10,13 - поршневые полости; 11 - капилляр; 12 - фильтр; 14 - винт; 15 - кулачек; 16 – отверстие

Принцип работы прибора состоит в следующем (рис. 3.29). При открытом кране 2 и закрытом 7, рабочая жидкость поступает из трубопровода I гидросистемы машины через фильтр 3 в верхнюю полость индикатора. При этом поршень 4 перемещается вверх до упора, сжимая пружину 5. Поршень 8 стопорится фиксатором 15 в крайнем верхнем положении. В исходной для измерения вязкости позиции оба поршня находятся в крайних верхних положениях, краны 2 и 7 закрыты. Измерение начинается со снятия фиксатора 15 поршня 8. Под действием усилия пружины 5 поршень 4 перемещается вниз, выталкивая жидкость через

капилляр 6 в полость над поршнем 8. Ход поршня 8 за фиксированный интервал времени (10 с), измеряемый секундомером, отражается по шкале в единицах вязкости, нанесенной на внешнюю поверхность поршня.

На конструкцию индикатора вязкости получено авторское свидетельство на изобретение.

Сравнительный вискозиметр для определения вязкости рабочей жидкости

Предназначен для оперативного определения приблизительного значения вязкости рабочей жидкости. Принцип действие основан на различии в скорости опускания металлического шарика в жидкостях с разной вязкостью.

Вискозиметр выполнен из оргстекла и содержит шесть каналов, в которые помещены металлические шарики. В пять каналов предварительно заливаются разные рабочие жидкости с известным значением вязкости. Шестой канал заполняется исследуемой жидкостью. Прибор переворачивают и, сравнивая скорости опускания шариков в исследуемой жидкости и известных, приблизительно оценивают её вязкость. Масса прибора - 0,3 кг, размеры, мм: 100х120х30.

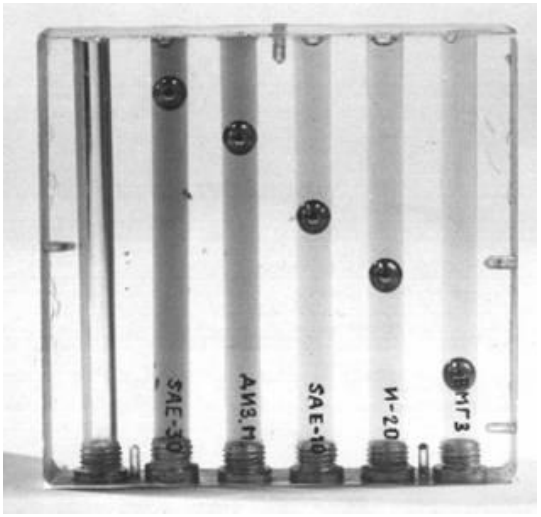


Рис. 3.30. Сравнительный вискозиметр

Диагностирование сжатым воздухом

Способ диагностирования технического состояния распределителей сжатым воздухом предназначен для оценки технического состояния сопряжении золотник-корпус (прецизионных пар) распределителей гидропривода машин любого назначения, плунжерных пар насосов, гидромоторов, а также уплотнителей гидроцилиндров. Такой способ является менее трудоемким и энергоемким по сравнению с испытанием на стационарных гидравлических стендах, не требует применения дорогостоящего оборудования. На способ диагностирования золотниковых гидрораспределителей сжатым воздухом получен патент на изобретение № 2451217.

Способ заключается в измерении расхода сжатого воздуха через зазор в сопряжении золотник-корпус гидрораспределителя; определении расчетным путем соответствующего расхода утечек через тот же зазор; сравнении полученного расчетного расхода утечек с предельной величиной расхода утечки, установленной нормативными документами, и дополнен: математическими зависимостями течения воздуха в щели, позволяющими определить режим течения этого течения для кольцевого зазора в сопряжении золотник-корпус - докритический, критический и закритический; математическими зависимостями течения воздуха в щели, позволяющими вычислить расходы воздуха через кольцевой зазор в сопряжении золотник-корпус для различных режимов его истечения - докритического, критического и закритического; математической зависимостью течения вязкой капельной жидкости в щели, позволяющей вычислить расход через кольцевой зазор в сопряжении золотник-корпус, при этом учитывающей сопротивление на входе в щель; расчетным алгоритмом, определяющим последовательность расчетов вышеуказанных математических моделей и дающим возможность выполнять данные расчеты на ЭВМ.

Для определения технического состояния сопряжений золотник-корпус гидрораспределитель устанавливается на стенд, схема измерений на котором представлена на рис. 3.31 и 3.32.

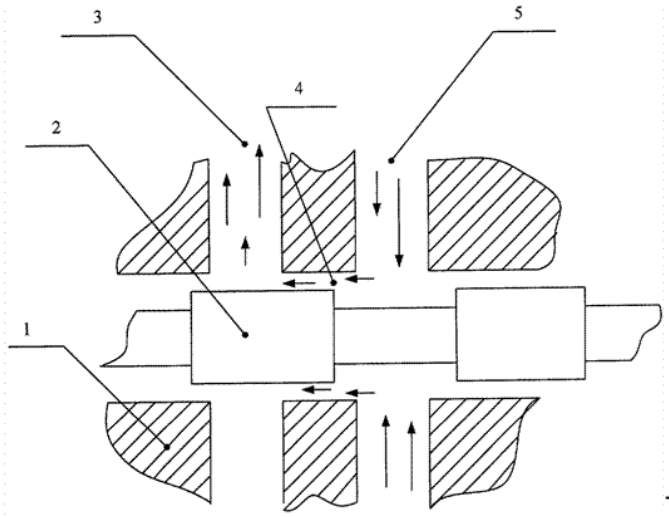


Рис. 3.31. Схема утечек рабочей жидкости в зазоре сопряжения золотник-корпус гидрораспределителя): 1 - корпус распределителя, 2 - золотник, 3 - область низкого давления рабочей жидкости (слив), 4 - зазор сопряжения золотник-корпус и утечки рабочей жидкости через него, 5 - область высокого давления рабочей жидкости (рабочий отвод гидрораспределителя).

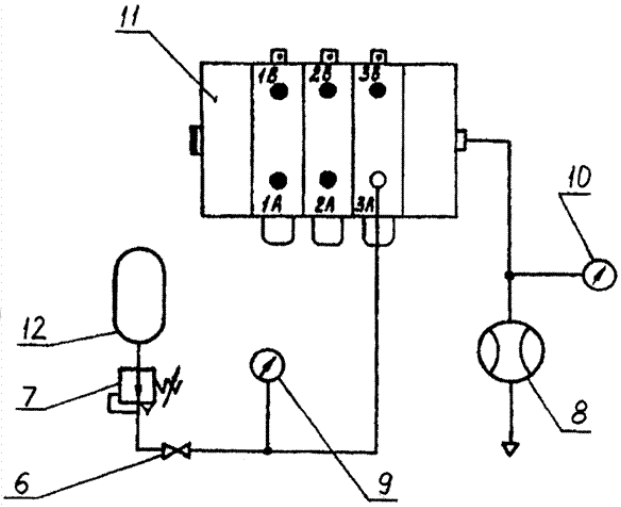


Рис. 3.32. Схема измерения расходов воздуха через зазоры сопряжения золотник-корпус гидрораспределителя : 6 - запорный кран; 7 - редукционный клапан; 8 - расходомер сжатого воз духа; 9 и 10 – манометры; 11 - диагностируемый агрегат (распределитель); 12 - источник сжатого воздуха

Стенд содержит манометры 9 и 10 для контроля давления воздуха на входе в диагностируемый агрегат (распределитель) 11 и на выходе из него. Стенд может содержать источник сжатого воздуха 12 или же сжатый воздух может подводиться к нему извне. Избыточное давление воздуха должно находиться в пределах:

- 0,5-0,6 МПа для предварительной продувки гидрораспределителя с целью удаления масляной пленки;

- 0,05-0,3 МПа для продувки воздухом зазора золотник-корпус с целью измерения его расхода.

Рекомендуемый диапазон температур окружающего воздуха - 10-25°С, относительная влажность окружающего воздуха - не более 80%.

Стенд работает следующим образом. Сначала для удаления масляной пленки диагностируемый зазор продувается давлением 0,5-0,6 МПа. Затем зазор продувается воздухом под давлением, величина которого должна быть предварительно выбрана из диапазона 0,05-0,3 МПа в зависимости от технологических возможностей предприятия и конструктивных особенностей гидрораспределителя. Определяется расход воздуха. Полученная величина расхода является показателем износа сопряжения золотник-корпус гидрораспределителя. Чем больше износ сопряжения, тем больше зазор в нем и тем больше расход воздуха. Для оценки технического состояния сопряжения важно знать максимальное значение расхода воздуха, соответствующее максимально допустимому зазору, т.е. максимальному износу сопряжения.

Известно, что непосредственное измерение зазоров в сопряжении связано со значительными трудностями, т.к. требует применения дорогостоящего измерительного оборудования и разборки гидрораспределителя. Поэтому для оценки его предельной величины используют предельную величину расхода (утечки) РЖ через зазор, установленную нормативными документами (ГОСТами, ОСТами, ТУ заводов-изготовителей и т.п.). Для перехода от расхода (утечек) РЖ к расходу воздуха используется специально выведенная математическая зависимость [81].

3.5. Применение современного диагностического оборудования

Современные методы диагностики позволяют перейти от реактивного обслуживания к предиктивному, что критически важно для строительных организаций, работающих в условиях Крайнего Севера, где каждый час незапланированного простоя многократно увеличивает финансовые потери из-за логистической удалённости и сезонных ограничений доставки запасных частей.

В суровых климатических условиях частота серьёзных отказов значительно превышает показатели для зон умеренного климата, при этом наибольший ущерб наносят внезапные отказы, возникающие непосредственно при выполнении машинами производственных заданий. Настоящий раздел систематизирует современные диагностические средства и методы, применяемые при техническом обслуживании и ремонте строительной техники, с акцентом на специфику арктической эксплуатации. Однако стоит учесть, что упомянутые ниже виды диагностического оборудования в основном относятся к импортному производству, в следствии чего обладают высокой стоимостью, поэтому целесообразность применения данного оборудования в первую очередь опирается на дорогостоющую технику.

Ключевые факторы, определяющие требования к диагностике

Эксплуатация строительной техники на Крайнем Севере сопряжена с рядом специфических проблем, требующих адаптации диагностических процедур:

− Критическое загустевание рабочих жидкостей. При температуре −50°C вязкость гидравлического масла возрастает по сравнению с нормальной рабочей температурой. Это приводит к кавитации насосов, повреждению уплотнений и разрушению гидролиний при холодном пуске.

− Отказы резинотехнических изделий и уплотнений. При сверхнизких температурах резиновые шланги, манжеты и сальники теряют эластичность, становятся хрупкими и разрушаются, что приводит к утечкам и разгерметизации систем.

− Снижение ёмкости аккумуляторных батарей. Уже при −30 °C доступный пусковой ток батареи значительно падает, что затрудняет запуск двигателей и ограничивает работу бортовой электроники и диагностических систем.

− Хрупкое разрушение металлоконструкций. При экстремально низких температурах стали переходят в хрупкое состояние, что увеличивает риск трещинообразования в рамах, стрелах и рабочих органах.

− Логистическая изоляция. Отсутствие круглогодичной дорожной сети (завоз возможен только по зимникам или водным путём в навигацию) требует максимальной автономности ремонтных подразделений.

Основные требования к эксплуатации строительных машин в зимних условиях на территории Российской Федерации регламентированы сводом правил СП 12-104-2002 «Механизация строительства. Эксплуатация строительных машин в зимний период». Документ устанавливает периодичность и объём специальных диагностических мероприятий для техники, работающей при отрицательных температурах.

Классификация методов диагностики строительных машин

Методы технической диагностики строительных машин классифицируются по типу используемых диагностических сигналов (симптомов) (табл. 3.4):

Таблица 3.4. Таблица методов технической диагностики строительной техники

Метод	Измеряемый параметр	Применение	Особенности в арктических условиях
Виброметрический	Амплитуда и ускорение вибрации	Зазоры в подвижных сопряжениях, подшипники	Изменение базовых уровней вибрации из-за загустевания смазки
Акустический	Звуковые колебания	Локализация стуков, шумов	Затруднённая интерпретация на фоне шума предпусковых подогревателей
Функциональный	Косвенные параметры (давление, расход, температура)	Общее состояние систем (тормоза, рулевое управление)	Необходима коррекция допусков на температуру окружающей среды
Световой (оптический)	Визуальные признаки износа	Трещины, деформации, утечки	Ограниченная видимость в полярной ночи, обледенение поверхностей
Комбинированный	Совокупность параметров	Комплексная оценка состояния	Предпочтительный метод для арктических условий

Электронные диагностические сканеры:

Фирменные (OEM) сканеры. Каждый крупный производитель строительной техники предлагает специализированные диагностические системы, интегрированные с бортовой электроникой своих машин:

− Caterpillar ET (Electronic Technician) — фирменный диагностический адаптер Cat Communication Adapter III подключается к бортовой шине ECM и позволяет считывать коды неисправностей, проводить калибровку и программирование контроллеров (рис. 3.33). В условиях Крайнего Севера техника Caterpillar эксплуатируется с использованием «северного пакета», однако диагностические процедуры требуют предварительного прогрева кабины до рабочей температуры электроники.



Рис. 3.33. Диагностический адаптер Cat Communication Adapter III

− Komatsu KCESS — система диагностики машин Komatsu. Для арктических модификаций (например, Komatsu PC400LC-7 Arctic, специально разработанный для работы при температурах до −50 °C) диагностическое ПО адаптировано для контроля дополнительных параметров предпускового подогрева и арктических гидравлических жидкостей.

− John Deere Service Advisor — комплексная диагностическая платформа, обеспечивающая считывание кодов, калибровку и запись параметров в реальном времени.

− Hitachi Dr. ZX — диагностический монитор для экскаваторов Hitachi, контролирующий параметры двигателя, гидравлики и электрооборудования.

Мультибрендовые сканеры:

Для смешанных парков техники, типичных для подрядных организаций на северных стройках, применяются универсальные диагностические приборы:

– Jaltest (Cojali) — поддерживает диагностику более 500 марок строительной, дорожной и сельскохозяйственной техники. Позволяет считывать и стирать коды неисправностей, проводить калибровку и тестирование исполнительных механизмов.

– Texa AXONE Nemo — мультибрендовый сканер с поддержкой строительной техники, грузового и коммерческого транспорта (рис. 3.34). Отличается расширенным температурным диапазоном работы.



Рис. 3.34. Сканер с поддержкой строительной техники Texa AXONE Nemo

– LAUNCH X-431 HD III — компактный диагностический планшет с поддержкой тяжёлой техники и спецтранспорта.

Практический пример. На Чаяндинском нефтегазоконденсатном месторождении (Республика Саха, Якутия) при строительстве инфраструктуры «Силы Сибири» эксплуатируется смешанный парк техники различных производителей. В условиях зимних температур до −55 °C диагностические работы проводятся в передвижных мастерских с обогреваемыми отсеками, где универсальные сканеры типа Jaltest обеспечивают обслуживание всего парка без необходимости содержать отдельный фирменный комплект для каждой марки.

Диагностика гидравлических систем. Гидравлическая система — наиболее уязвимый узел строительной техники в арктических условиях. Загустевание масла при низких температурах создаёт избыточное давление в магистралях, вызывает кавитацию насосов и разрушение уплотнений.

Средства диагностики гидросистем:

− Портативные гидротестеры (расходомеры-манометры) измеряют давление, расход и температуру рабочей жидкости на входе/выходе гидромоторов, насосов и распределителей. В арктических условиях особое внимание уделяется замерам при холодном пуске для оценки состояния насосной группы при повышенной вязкости масла.

− Счётчики частиц определяют класс чистоты рабочей жидкости по ISO 4406 и выявляют продукты износа. При арктической эксплуатации частицы конденсата, образующегося при перепадах температур, дополнительно загрязняют гидросистему.

− Датчики давления с регистрацией записывают пульсации давления, позволяя выявить неисправности гидронасосов, клапанов и гидроцилиндров на ранней стадии.

Для работы в арктических условиях используются специальные масла класса HVLP (High Viscosity Index Low Pour Point), сохраняющие работоспособность до −60 °C. Например, масло HVLP 46 Арктик обеспечивает температуру застывания не выше −55 °C и вязкость, позволяющую безопасный холодный пуск гидросистемы. Диагностический контроль таких жидкостей включает:

− Регулярный замер вязкости при рабочей температуре и при температуре окружающей среды;

− Контроль содержания воды (конденсат при перепадах температур);

− Анализ содержания частиц износа и загрязнений;

− Проверка температуры застывания при длительной эксплуатации (деградация присадок).

Практический пример. При эксплуатации крана SANY SCC2600A в Якутии при температуре −48 °C обнаружена проблема вспенивания гидравлического масла из-за попадания конденсата при суточных перепадах температуры. Диагностика с применением счётчика частиц и анализа пробы масла выявила содержание воды 0,15%, что потребовало немедленной замены рабочей жидкости и дополнительной установки влагоотделителя в гидробаке.

Виброметрическая диагностика. Виброметрический метод основан на том, что энергия удара в подвижных сопряжениях и амплитуда вибрации пропорциональны величине зазора. Сравнивая измеренные ускорения вибрации с эталонными значениями, определяют состояние механизма без разборки.

Применяемое оборудование:

− Портативные виброанализаторы (например, серии BALTECH VP, SKF Microlog) измеряют вибрацию в диапазоне 10–20 000 Гц и позволяют диагностировать состояние подшипников, зубчатых передач, валов и муфт.

− Стробоскопические приборы обеспечивают визуальный контроль вращающихся элементов без остановки механизма.

− Программные комплексы спектрального анализа обрабатывают виброграммы и формируют тренды деградации для предиктивного обслуживания.

В условиях низких температур базовые уровни вибрации существенно отличаются от нормативных, установленных для умеренного климата. Загустевание смазочных материалов увеличивает демпфирование, а повышенные зазоры вследствие температурной усадки металлических деталей изменяют спектральную картину. Поэтому для арктической эксплуатации необходимо формировать отдельные базовые спектры (baseline), записанные при характерных для данного региона температур, и корректировать пороговые значения алармов.

Трибодиагностика (анализ масел и смазок). Трибодиагностика — один из наиболее информативных методов оценки состояния строительной техники, позволяющий по состоянию рабочих жидкостей определить износ внутренних компонентов двигателя, трансмиссии и гидросистемы.

Таблица 3.5. Методы и оборудование трибодиагностики

Метод анализа	Определяемые параметры	Оборудование
Спектральный анализ	Концентрация металлов износа (Fe, Cu, Al, Cr, Pb)	Атомно-эмиссионные спектрометры (SpectrOil)
Подсчёт частиц	Класс чистоты по ISO 4406, распределение по размерам	Лазерные счётчики частиц
Инфракрасная спектроскопия	Окисление, нитрование, содержание топлива и воды	ИК-Фурье-спектрометры
Феррография	Морфология частиц износа, тип износа	Аналитические феррографы
Вискозиметрия	Кинематическая вязкость	Капиллярные и ротационные вискозиметры

При экстремально низких температурах трибодиагностика приобретает дополнительную значимость:

− Контроль вязкости при рабочей температуре и при температуре холодного пуска становится критическим параметром. Использование масел с недостаточно низкой температурой застывания приводит к масляному голоданию и катастрофическому износу при пуске.

− Контроль содержания воды — конденсатообразование при суточных перепадах температур от −50 °C днём до −60 °C ночью (или при переходе машины из тёплого бокса на мороз) является характерной арктической проблемой.

− Контроль содержания топлива в моторном масле — при затруднённом пуске в мороз несгоревшее топливо попадает в картер, разбавляя масло и снижая его защитные свойства.

− Сокращённые интервалы отбора проб — в арктических условиях рекомендуется проводить анализ масла в 1,5–2 раза чаще стандартных интервалов из-за ускоренного старения смазочных материалов.

Практический пример. Компания Caterpillar для техники, эксплуатируемой на Крайнем Севере, рекомендует проводить анализ масла S·O·S™ (Scheduled Oil Sampling) каждые 250 моточасов вместо стандартных 500, с обязательным контролем вязкости при −40 °C. На объектах нефтегазового освоения Ямала данная практика позволила снизить число аварийных отказов двигателей на 35%.

Тепловизионная диагностика. Тепловизоры (инфракрасные камеры) фиксируют распределение температурных полей на поверхности оборудования и выявляют аномальные зоны перегрева или, наоборот, участки с недостаточным нагревом.

Тепловизионная диагностика в условиях Крайнего Севера приобретает особую ценность по нескольким причинам:

− Контроль предпускового подогрева. Тепловизор позволяет визуализировать равномерность прогрева блока двигателя, гидробака, топливных магистралей и аккумуляторных батарей перед пуском, выявляя зоны, не достигшие безопасной температуры.

− Обнаружение утечек. На фоне общего холода даже незначительная утечка горячей рабочей жидкости создаёт яркий тепловой контраст, легко обнаруживаемый тепловизором.

− Контроль электрооборудования. Перегрев контактов, клеммных соединений и проводки, вызванный повышенным сопротивлением на морозе, выявляется тепловизором до возникновения отказа.

− Диагностика теплоизоляции. Проверка целостности утеплителей моторных отсеков, капотов и кабин, критически важных для поддержания рабочей температуры агрегатов.

Для полевой диагностики используются портативные тепловизоры с разрешением от 160×120 до 640×480 пикселей и температурной чувствительностью не хуже 0,05 °C (FLIR E-серия, Testo 883, BALTECH TR). В арктических условиях необходимы модели с расширенным диапазоном рабочих температур (до −40 °C) и защитой от обледенения объектива.

Видеоэндоскопия. Видеоэндоскопы (бороскопы) позволяют визуально обследовать внутренние полости и труднодоступные зоны механизмов — камеры сгорания, цилиндры, гильзы, турбины, теплообменники — без разборки агрегатов.

В условиях Крайнего Севера видеоэндоскопия используется для:

− Осмотра камер сгорания на наличие нагара и повреждений от детонации при затруднённом холодном пуске;

− Контроля состояния интеркулеров и теплообменников (образование конденсата и ледяных пробок);

− Проверки внутренних поверхностей гидроцилиндров на задиры, возникающие при запуске с загустевшим маслом.

Практический пример. При обслуживании бульдозеров Komatsu D375A на строительстве зимника в районе Чаяндинского месторождения эндоскопический осмотр турбокомпрессоров проводился каждые 1 000 моточасов вместо стандартных 2 000, что позволило своевременно выявить трещины крыльчатки, вызванные температурными градиентами при частых остановках и пусках на морозе.

Ультразвуковая диагностика. Ультразвуковая дефектоскопия (УЗК) применяется для выявления внутренних дефектов — трещин, раковин, несплошностей — в металлоконструкциях и сварных соединениях строительной техники (рис. 3.35).



Рис. 3.35. Дефектоскоп ультразвуковой МАСТЕР ЛАЙТ А1212

Современные ультразвуковые дефектоскопы (например, Proceq Pundit, Olympus EPOCH, А1212 МАСТЕР) обеспечивают:

- Импульсный эхо-метод с частотами 0,5–25 МГц;
- Цифровую обработку сигнала с сохранением протоколов;
- Автоматическое формирование отчётов о дефектоскопии;
- Работоспособность при температурах до −30 °С (со специальными контактными жидкостями).

При отрицательных температурах стали переходят в область хрупкого разрушения, и риск образования и распространения трещин значительно возрастает. Ультразвуковой контроль стрел, рам, рабочих органов и сварных соединений в арктических условиях проводится с повышенной периодичностью — не реже 1 раза в 500 моточасов для ответственных несущих конструкций.

При проведении УЗК на морозе необходимо использовать специальные низкотемпературные контактные жидкости (гели на основе глицерина), поскольку стандартные гели замерзают уже при −15 °С.

Телематика и удалённый мониторинг. Штатные OEM-системы телематики. Системы телематики, интегрированные производителями в строительную технику, являются ключевым инструментом диагностики при арктической эксплуатации, когда физический доступ к машинам может быть ограничен:

Таблица 3.6. Штатные OEM-системы телематики

Система	Производитель	Подключённые активы	Ключевые функции
Product Link / VisionLink	Caterpillar	>1,5 млн ед.	Удалённая диагностика, GPS, коды ошибок, расход топлива
KOMTRAX	Komatsu	>600 тыс. ед.	Мониторинг состояния, геолокация, контроль режимов работы
JDLink	John Deere	>500 тыс. ед.	Предиктивная аналитика, удалённое обновление ПО
ConSite	Hitachi CM	>200 тыс. ед.	ИИ-анализ данных датчиков, мониторинг масла, прогнозирование отказов
Global e-Service	Hitachi CM	Интеграция с ConSite	Удалённая диагностика, история ремонтов
ActiveCare Direct	Volvo CE	Интеграция с CareTrack	Проактивный мониторинг, автоматические оповещения

Ключевая проблема удалённого мониторинга в Арктике — отсутствие покрытия сотовых сетей на большей части территории. Для решения этой проблемы:

− Спутниковый KOMTRAX от Komatsu использует спутниковую систему Iridium для передачи данных телематики с машин, работающих вне зоны покрытия GSM. Система была внедрена в России специально для техники, эксплуатируемой в удалённых районах Сибири и Крайнего Севера, и позволяет контролировать состояние машин практически в любой точке планеты.

− Cat Product Link поддерживает двойной канал связи — сотовую и спутниковую — и автоматически переключается на спутник при отсутствии GSM-покрытия.

− XCMG и Iridium в 2023 году заключили партнёрство для интеграции IoT-решений через спутниковую платформу Iridium Edge, обеспечивая связь в Центральной Азии, Африке и других удалённых регионах.

Практический пример. На строительстве газоперерабатывающего завода Чаяндинского месторождения весь парк техники Komatsu оснащён спутниковой системой KOMTRAX с передачей через Iridium. Инженеры в центральном офисе в Якутске отслеживают режимы работы и коды неисправностей в режиме, близком к реальному времени, что позволяет заблаговременно формировать заявки на запасные части с учётом логистики зимников (завоз возможен только с декабря по март).

Роль ИИ и предиктивной аналитики. Современные телематические платформы всё активнее интегрируют технологии искусственного интеллекта для предиктивного обслуживания. Ранние внедрения демонстрируют снижение незапланированных простоев с 30% до 5% рабочего времени при переходе к проактивному обслуживанию на основе данных телематики. Система Hitachi ConSite использует ИИ и более 20 лет накопленных машинных данных для прогнозирования остаточного ресурса компонентов.

Технологии IoT обеспечивают непрерывный контроль ключевых параметров в цикле «Sense → Send → Decide → Act»: датчики снимают данные (качество масла, температура охлаждающей жидкости, вибрация, давление в гидросистеме, напряжение аккумулятора), передают их через сотовый или спутниковый канал на облачную платформу, где алгоритмы выявляют аномалии и формируют заявки на обслуживание.

Мобильные диагностические комплексы для арктических регионов. Передвижные автомастерские

В условиях логистической изоляции арктических объектов мобильные мастерские являются единственным способом обеспечить диагностику и ремонт техники непосредственно на месте эксплуатации.

Типовое оснащение мобильной диагностической мастерской для арктической эксплуатации включает:

− Мультибрендовый диагностический сканер (Jaltest, TEXA или аналог);

− Портативный тепловизор с рабочим диапазоном до −40 °C;

− Переносной виброанализатор;

− Гидротестер (расходомер-манометр);

− Комплект для экспресс-анализа масла (вискозиметр, капельная проба);

− Эндоскоп с видеозаписью;

− Набор адаптеров и кабелей для подключения к технике различных производителей.

Выбор базового транспортного средства для мобильной мастерской в арктических условиях определяется проходимостью и морозостойкостью:

− Ural Next/УРАЛ-4320 — классическое шасси повышенной проходимости, на котором базируются передвижные ремонтные мастерские для работы на зимниках и бездорожье Крайнего Севера.

− КАМАЗ Арктика — специальная арктическая модификация в исполнении 8×8, способная работать при температурах до −60 °C. Применяется как база для мобильных ремонтных и диагностических комплексов при освоении шельфовых месторождений и строительстве трубопроводов.

− РЭМ-ГТ — ремонтно-эвакуационная машина на базе двухзвенного гусеничного транспортёра ДТ-30ПМ «Витязь», разработанная для

арктических войск (рис. 3.36). Обеспечивает проведение диагностических и ремонтных работ в условиях полного бездорожья и глубокого снежного покрова.



Рис. 3.36. Двухзвенный вездеход Витязь ДТ-30П

− Sandvik Arctic Package — для горнодобывающей техники компания Sandvik предлагает арктический пакет, включающий подогрев гидравлики, утеплённую кабину и дополнительную защиту для работы при температурах до −50 °C (рис.3.37).



Рис. 3.37. Передвижная мастерская Sandvik Arctic Package

Практический пример. Компания C&M Field Services (Аляска, США) специализируется на мобильной диагностике и ремонте строительной и нефтепромысловой техники в арктических условиях Северного склона Аляски (North Slope). Компания выполняет «Arctic Upfits» — арктическую подготовку оборудования по требованиям нефтяных компаний, включая установку дополнительных систем подогрева, утепление, доработку электрооборудования и предэксплуатационную диагностику. Все работы проводятся как в стационарной мастерской в Василле, так и на выезде с использованием полностью оснащённых мобильных сервисных единиц.

Заключение. Техническая диагностика строительной техники в арктических условиях требует комплексного подхода, сочетающего традиционные инструментальные методы с современными цифровыми технологиями. Экстремально низкие температуры, логистическая удалённость и сезонные ограничения транспортной доступности делают качественную диагностику не просто инструментом экономии, а условием работоспособности парка техники в целом.

Ключевыми тенденциями 2024 года являются массовое внедрение спутниковой телематики с ИИ-аналитикой для удалённых арктических объектов, развитие мобильных диагностических комплексов на арктических платформах и формирование специализированных диагностических методик, адаптированных к сверхнизким температурам. Ко всему прочему, на сегодняшний день исследования СПбГАСУ в области повышения надёжности строительных машин на Крайнем Севере и разработка быстровозводимых ремонтных цехов формируют научную базу для системного решения проблемы технического обслуживания в Арктике.

ГЛАВА 4. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ТЕХНИКИ

4.1. Общие принципы организации

Ремонт – это комплекс технических операций и организационных действий по восстановлению исправности, работоспособности и ресурса машины или ее составных частей. Поскольку даже самая надежная машина может выходить из строя в соответствии с известным законом – «все, что может портиться - портится, все, что не может портиться, портится тоже», то необходимо проводить мероприятия по ее восстановлению.

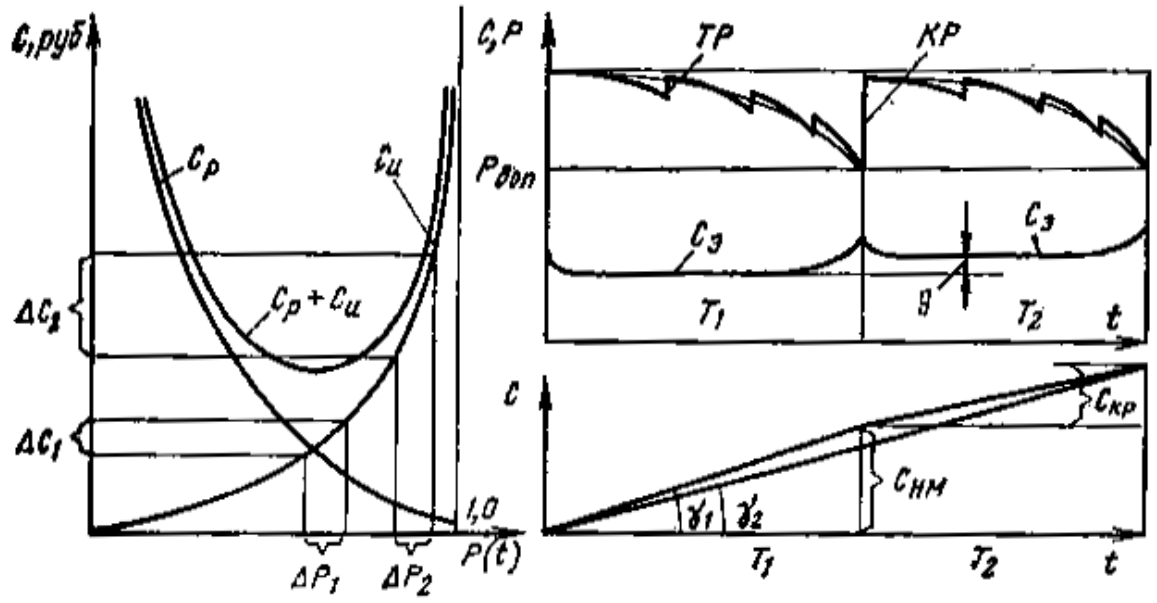
Исправное состояние машины согласно ГОСТ Р 27102-2021 – соответствие ее всем требованиям технической документации, (в том числе комплектности), а работоспособнее состояние машины – способность выполнять заданные функции в соответствии с требованиями нормативной и технической документации (далее определения даются применительно к ГОСТ). Соответственно, неработоспособное состояние – невозможность выполнения этих функций. Рассматривается также возможность частичной неработоспособности, когда машина может выполнять часть своих функций или выполнять их в меньшем объеме. Например, бульдозер с рыхлителем при неисправности рыхлителя может работать только отвалом.

Причиной нарушения работоспособности является отказ. Отказ, согласно ГОСТ Р 27102-2021, событие, заключающееся в нарушении работоспособности машины. При этом отказ может быть полным и частичным, при этом полный отказ предусматривает переход объекта в неработоспособное состояние, а частичный – в частично неработоспособное.

Существуют также понятия «дефекта» – отдельного несоответствия машины требованиям технической документации, и «повреждения» - нарушения исправного состояния машины.

Смысл ремонта для строительной техники и состоит в устранении в первую очередь последствий отказа для восстановления работоспособности, и во вторую очередь – устранение повреждений и дефектов для восстановления ее исправности. Работы первой очереди необходимы для обеспечения выполнения задачи, работы второй очереди могут выполняться при появлении возможности.

При постоянно растущей стоимости строительной техники при внедрении гидропривода и средств автоматики ее восстановление путем ремонта становится все более актуальным. Избежать отказов можно путем повышения надежности машины, однако, как видно из рис. 4.1а, приближение величины надежности к 100% ведет к резкому увеличению стоимости машины. Поэтому конструкторы останавливаются на какой-то компромиссной величине, которая зависит от важности машины в производственном цикле, возможности реализации надежности и долговечности конструктивными методами за счет использования более прочных материалов и составных частей и др. Например, при испытаниях автомобиля ГАЗ-66 появлялись трещины дисков колес, поэтому пришлось повысить надежность и стоимость диска за счет увеличения толщины стали диска на 0,5 мм.



а) б)

Рис. 4.1 а) Теоретическая зависимость затрат на изготовление машины $C_н$ и ее техническое обслуживание и ремонт $C_р$ от ее надежности P_t
б) Модель функционирования машины

Оставшаяся доля нереализованной надежности для обеспечения работоспособности машины с заданным ресурсом должна восполняться за счет ее восстановления. Следовательно, ремонт является одним из видов периодического резервирования стареющих или изнашивающихся элементов и представляет собой резервирование надежности вне машины. Объем ремонта и затраты на него возрастают со снижением надежности машины. Поэтому затраты на ремонт являются одним из определяющих факторов при назначении заданного уровня надежности.

Сложность современных строительных машин и неодновременность выхода из строя ее элементов делают целесообразным с точки зрения общественного производства не замену машины на новую, а восстановление отдельных элементов машин – ее ремонт. При этом различают два вида ремонтов – текущий (ТР), направленный вместе с проведением технического обслуживания на сохранение надежности и поддержание работоспособности

машины, и капитальный (КР), задача которого восстановление работоспособности и частично ресурса машины.

Технико-экономическая целесообразность выполнения ремонтов машин может быть показана на модели, приведенной на рис. 4.1б.

В начале эксплуатации работоспособность машины P=1. В результате эксплуатации машина изнашивается и, хотя ее работоспособность периодически поддерживается техническим обслуживанием и текущим ремонтом, происходит снижение работоспособности до предельно допустимой величины $P_{доп}$, ниже которой эксплуатация машины по техническим или экономическим причинам нецелесообразна. При достижении предельного значения работоспособности машина может быть списана или восстановлена - капитально отремонтирована.

Поскольку в машине за рассмотренный период эксплуатации T_1 появилась усталость элементов и накопились износы базовых составных частей, которые не могут быть полностью устранены при текущем ремонте, возможно восстановление машины до какой-то величины, близкой к номинальной, но насколько меньше ее.

Следовательно, срок службы машины после ремонта до достижения вновь предельного значения работоспособности T_2 будет меньше, чем T_1. Восстановление работоспособности машины в результате капитального ремонта позволяет использовать машину в течение более длительного срока.

Капитальный ремонт также дает существенный выигрыш по затратам на возобновление машины, выражающийся в форме амортизационных отчислений. Поскольку стоимость капитального ремонта $C_{кр}$ обычно не превышает 50-70% стоимости новой машины $C_{нм}$, удельный расход ресурсов на амортизационные отчисления q уменьшится с увеличением срока службы машины за счет выполнения капитального ремонта, так как в нашем случае $q_2 < q_1$.

Отсюда можно бы сделать вывод, что капитальный ремонт целесообразен, пока $q_n < q_n^{-1}$. Вместе с тем это не совсем так. Дело в том, что после капитального ремонта возрастают значение параметра потока отказов и общие затраты на эксплуатацию машины $C_э$. Среднее приращение эксплуатационных затрат g за счет старения и износа машины за год будет увеличиваться после каждого капитального ремонта.

Экономически целесообразный срок службы машины, лет:

$$T_{C_1} = \sqrt{\frac{C_0 - \delta}{g}}\ , \qquad (4.1)$$

где C_o – цена новой машины с учетом доставки к потребителю, руб.; δ - ликвидационная цена списываемой машины, руб.

Вместе с тем в условиях быстрого технического прогресса при назначении срока службы машины необходимо учитывать и ее моральный износ, в том числе с изменениями в технологии строительства. Критерием морального износа может служить коэффициент снижения стоимости машины вследствие технического прогресса $\alpha_{\text{м}}$.

$$\alpha_{\text{м}} = (C_0 - C_{\text{в}}) / C_{\text{в}}\ , \qquad (4.2)$$

где $C_{\text{о}}$ - первоначальная стоимость машины, руб.; $C_{\text{в}}$ – стоимость воспроизведения машины с учетом снижения первоначальной стоимости из-за морального износа.

Поэтому целесообразное число капитальных ремонтов машины $N_{кр}$ может быть получено из выражения:

$$N_{\text{кр}} = T_{\text{сл}}(1 - \alpha_{\text{м}})T_{\text{ц}}^{-1}\ , \qquad (4.3)$$

где $T_{\text{ц}}$ – средняя продолжительность ремонтного цикла.

Из рассмотрения представленной модели можно сделать вывод, что общая эффективность использования машины зависит от срока ее службы и частоты проведения ремонтных работ.

Количество капитальных ремонтов машины ограничивается еще и тем, что при следующих ремонтах приходится выполнять большую работу по восстановлению базовых элементов машины, кроме того, следует учитывать, что стоимость запчастей всегда выше стоимости детали, установленной в машине. Например, при первом капитальном ремонте экскаватора по ходовой части нужно восстанавливать катки, гусеничное полотно и ведущие колеса, при втором капитальном ремонте дополняются направляющие колеса и, возможно, ходовые тележки, а это уже резкое возрастание стоимости ремонта.

В ряде случаев после КР резко сокращается ресурс агрегата или машины. Например, по опыту новый двигатель Д-108 на бульдозере отрабатывал 6-7 тысяч мото-часов, а после капитального ремонта не более трех - трех с половиной тысяч мото-часов. Поэтому для целого ряда видов техники, например, легковых автомобилей, малых электростанций и компрессоров, электрифицированного инструмента капитальный ремонт не выполняется из-за экономической и технической нецелесообразности. В то же время для сложных машин КР является необходимым и экономически оправданным. При линейном строительстве в северных условиях в КР техника может не отправляться из-за технической сложности или экономической нецелесообразности ее доставки. Так, на строительстве БАМа не производили капитальный ремонт бурильных станков БС-1М и некоторых автомобилей (кроме автосамосвалов), при строительстве трубопроводов – КР бульдозеров.

Следует отметить, что ремонтное производство в отличие от других видов не создает новых средств производства, а восстанавливает их утраченные в процессе эксплуатации качественные свойства. Распределение средств на производство машин и их восстановление должно производиться с учетом трудоемкости и стоимости КР машины. Если стоимость капитального ремонта близка к стоимости новой машины, КР делать

нецелесообразно, поддержание работоспособности машины должно обеспечиваться текущими ремонтами.

Реализация процесса восстановления техники в период ее эксплуатации должно осуществляться по какой-то системе. Первоначально восстановление машины производилось по мере ее выхода из строя, но с развитием парков техники потребовалось создание системы, которая давала бы возможность сокращать простои техники в ремонте, особенно, если она завязана в комплексе машин, поэтому первые системы появились на машиностроительных предприятиях.

Первый этап создания системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) - 1923-1931 годы связан с началом изысканий в этой области и ориентировался на осуществление неплановых (заявочных) ремонтов для обеспечения работы машины до капитального ремонта, при которой ремонт выполнялся при отказе детали или агрегата, или при степени износа, близкой к предельной величине. Эта система вела к большим простоям машин и не позволяла планировать силы и средства для обеспечения ремонта парков техники.

Второй этап (1931-1935 гг.) характеризуется созданием послеосмотровой системы, при которой планировались осмотры машин, а по их результатах назначались ремонты. В этот период появилась система стандартных ремонтов для наиболее ответственных машин.

Третий этап (1935-1940 гг.) характерен дальнейшим совершенствованием системы ППР - появлением системы периодических ремонтов и разработкой нормативов для планирования ТО и ремонтов.

Четвертый этап – с 1940 года шло дальнейшее совершенствование различных вариантов реализации системы ППР в целях предупреждения выхода техники из строя для неплановых ремонтов.

Существующие системы ППР можно свести к следующим трем.

Система периодических ремонтов предусматривает выполнение технического обслуживания в заданном заводским руководством по эксплуатации объеме в заданные сроки. Ремонты проводятся в заданные планом по ремонту сроки в объемах, определяемых техническим состоянием машины. Эта система позволяет планировать загрузку мастерских, потребность в ресурсах, исключение машины из рабочего цикла и т.п. Система является достаточно гибкой, так как позволяет корректировать сроки вывода машин в ремонт в соответствии с их техническим состоянием, поэтому она является основной системой в строительстве.

Система стандартных ремонтов предусматривает выполнение стандартных объемов работ по ТО и ремонту через заданные промежутки времени или наработки. Система позволяет получать высокий коэффициент технической готовности парка, но является достаточно затратной, так как при ремонте могут заменяться детали и агрегаты, не выработавшие свой ресурс, и выполняются работы, не вызванные необходимостью. Система используется в тех случаях, когда требуется высокая надежность техники, например, в авиации, где предусматривается выполнение стандартных регламентных работ. В строительстве эта система применялась с возможным отклонением от заданной периодичности ремонтов до 30% в зависимости от технического состояния машины и условий ее эксплуатации. При этом широко применяется агрегатный ремонт.

Послеосмотровая система имеет два варианта применения. Первоначально она использовалась для периодически используемых машин, а также в случае отсутствии структуры ремонтного цикла, например, для импортных машин, где фирмы-изготовители указывают только периодичность ТО и общий ресурс.

Например, железнодорожные компании США планируют проведение осмотров техники, используемой для обслуживания дороги. По результатам осмотра планируются сроки вывода машины в ремонт, объем ремонта и

потребность в ресурсах. Это позволяет планировать работы по обслуживанию дороги, загрузку мастерских и финансы.

В настоящее время послеосмотровая система выходит на новый уровень как ***система ремонтов «по техническому состоянию»*** и становится одной из форм плановой системы. Она позволяет эффективно поддерживать техническую готовность парка машин при меньших затратах за счет проведения систематического контроля технического состояния машин и оборудования, при котором планируются периодические осмотры техники с использованием диагностических средств. Это дает возможность оперативно реагировать на изменение технического состояния машин и величину ресурса, позволяет более точно планировать сроки и объем ремонтных мероприятий.

Одним из вариантов этой системы является разработанная в США надежностно-ориентированная система ТО и ремонтов (Reliability Centered Maintenance). Планирование ТО и ремонтов осуществляется на основе анализа показателей надежности техники, условий эксплуатации и стоимости простоя. Система позволяет более точно прогнозировать работу ремонтных подразделений и сокращать простои техники, но требуется достаточно развитая система статистики отказов и ее обработки.

Для северных районов США и Канады используется т.н. стандартизованный климато-адаптационный подход (material&safety driven), рассматривающий для оценки вероятности появления отказов техники при температурах -40…-60˚С обеспечением работоспособности материалов и узлов машины при ударных нагрузках – применением сталей повышенной вязкости, специальных уплотняющих материалов, гидравлических жидкостей и смазок. Система использовалась, преимущественно, в горной промышленности и для военной техники.

Вариантов проведения ремонтов техники достаточно много. Классической схемой является выполнение капитальных (КР), средних (СР)

и текущих (ТР) ремонтов, которые различаются по объему выполняемых работ. В ряде случаев отказываются от капитального ремонта, между капитальными ремонтами может быть несколько текущих ремонтов – ТР-1, ТР-2 или ТР-3, часто вместо среднего ремонта предусматривается ремонт ТР-2. Во всех случаях на предприятии составляется годовой план-график ремонта, определяющий объем ремонта и сроки его проведения для конкретных машин.

Ни одна система ППР не обеспечивает стопроцентное предупреждение внезапных отказов машин в результате аварийных износов, инцидентов или аварий. Особенно актуально это для эксплуатации техники в условиях Севера при линейном строительстве, где устранение таких отказов усложнено, поэтому необходим учет вероятности появления неплановых ремонтов при планировании работы системы ремонта.

Для практической реализации принципов системы ППР создается система ремонта. В зависимости от принятой структуры и задач система может иметь несколько уровней. На транспортном строительстве эта система состоит из трех уровней, которые обеспечивают ремонт строительной техники при линейном строительстве.

Строительство железной дороги или ее участка осуществляет генподрядная организация, назовем ее условно «трест». Земляные работы по трассе дороги и притрассовой автодороге выполняют мехколонны, которых в составе треста может быть несколько. Строительство искусственных сооружений – мостов и труб осуществляют мостоотряды. Укладку пути и другие строительные работы проводят строительно-монтажные поезда (СМП). Специализированные СМП занимаются взрывными работами, автоблокировкой, связью, водоснабжением и т.п. В состав предприятий, участвующих в строительстве, входят автобазы, располагающие автосамосвалами, трейлерным парком и специальными машинами.

Каждая из этих организаций имеет свои ремонтные средства. У СМП ремонтные средства обычно представляют ремонтные мастерские на месте базирования и подвижные ремонтные мастерские на базе автомобилей или вагончиков, которые выполняют ТО и мелкий ремонт. Для ремонта технику доставляют на базу.

Мостоотряды имеют мастерские на основной базе, на строительстве больших и внеклассных мостов, где сосредотачивается большое количество техники, и срок работ измеряется месяцами и годами. Для ремонта техники на малых искусственных сооружениях используются передвижные ремонтные средства.

Наибольшую сложность представляет собой организация ремонта гусеничной землеройной техники мехколонн, которая обычно разбросана вдоль строящейся трассы, что создает проблему как для ее ремонта на месте, так и для эвакуации в мастерские, особенно в зимнее время. Поэтому мехколонны имеют собственные полустационарные мастерские на месте базирования, ремонтные средства различного типа развертываются на участках, в бригадах работают подвижные мастерские и устраиваются тепляки для подготовки машин к обслуживанию и ремонту.

Все указанные выше ремонтные средства выполняют текущие плановые и неплановые ремонты в объеме, не превышающем средний ремонт. Капитальный ремонт выполняется только для отдельных агрегатов, несложной техники и механизированного инструмента. Для капитального ремонта технику направляют в специализированные ремонтные предприятия.

В советское время на крупных стройках создавали ремонтно-прокатные базы (РПБ), которые включали участки механизации и стационарные ремонтные мастерские, где выполняли капитальный ремонт техники и агрегатов. Например, при строительстве Байкало-Амурской магистрали такая база была развернута на станции Шимановск на Транссибе для проведения капитального ремонта импортной землеройной техники.

В современных условиях вопрос о создании базы для капитального ремонта решается в зависимости от конкретных условий и выделяемых денежных средств.

На строительстве магистральных газопроводов и нефтепроводов задействуются организации, располагающие парком соответствующей землеройной техники, трубоукладчиками, автоматами для сварки труб большого диаметра и другой специализированной техникой. Трубопроводы на вечной мерзлоте прокладываются над поверхностью земли на бетонных основаниях, для устройства которых требуется соответствующая техника. Кроме трубопроводов в объем строительства входит устройство перекачивающих (для нефтепроводов) и компрессорных (для газопроводов) станций, которые представляют собой достаточно сложные сооружения. Они располагаются на значительных расстояниях друг от друга и от начала строительства, стройка идет в северных районах на неосвоенной местности с практическим отсутствием местного населения, что создает проблемы для обустройства строителей.

Организация ремонта техники, используемой при строительстве магистральных трубопроводов, представляет собой достаточно серьезную проблему. В принципе, решаемые при этом задачи аналогичны присущим транспортному строительству. Например, землеройная техника и трубоукладчики имеют гусеничный ход, поэтому вопросы организации ремонта у этих организаций те же, что и у мехколонн. Поэтому при дальнейшем рассмотрении проблем организации ремонта при линейном строительстве в северных условиях остановимся на организации ремонта при строительстве железных дорог, как более насыщенных техникой.

Для строительства новой железной дороги может привлекаться существующая строительная организация или формироваться новая с участием субподрядных организаций - в зависимости от того, кто выиграет тендер. Во всех случаях для обеспечения работы техники должна быть

система ремонтных средств – или существующая с адаптацией к новым условиям, или создаваемая вновь. При организации работы такой системы приходится решать следующие задачи.

1. Определение потребности в ремонте;

2. Выбор формы организации ремонта в зависимости от местных условий;

3. Принятие стратегии распределения ремонтов по уровням системы ремонта;

4. Определение необходимой мощности ремонтных средств;

5. Планирование ремонта;

6. Размещение ремонтных средств при рассредоточенном характере строительства;

7. Организация доставки техники в ремонт и из ремонта.

8. Организация снабжения запасными частями и агрегатами.

Для решения этих задач существует достаточно много методик, дающих решение с той или иной степенью достоверности. Вопросы организации ремонта именно в условиях транспортного строительства в северных районах были особенно актуальны в семидесятые годы двадцатого века, когда велись большие железнодорожные стройки в Западной Сибири, и началось строительство Байкало-Амурской магистрали, Этими вопросами активно занимались научные учреждения Минтрансстроя и железнодорожных войск. В этот период появился ряд работ, посвященных как общим принципам организации ремонта и обслуживания строительной техники в этих условиях [9, 10, 11, 12, 13, 15, 48, 80 и др.], так и вопросам обеспечения надежности строительных и горных машин в условиях Севера и их систем [28, 43, 47, 55, 95, 100].

В связи с новой стратегией развития Севера и Арктической зоны Российской Федерации [90] проблемы ремонта техники при строительстве в

этих районах стали вновь актуальными, о чем свидетельствует появление новых научных разработок в этой области [1, 14, 16, 25, 39, 49, 62, 63, 75, 72].

4.2. Определение потребности в ремонтах

Решение задачи № 1 – определение потребности в ремонте для рассматриваемых условий усложняется тем, что, кроме плановых ремонтов, объем которых рассчитывается по существующим методикам, необходимо учитывать существенно больший по сравнению с работой парков в средней климатической зоне страны объем неплановых ремонтов.

Периодичность и объем ремонта при плановой системе определяются заводскими документами, эти нормативы вырабатываются на основании расчетов, эксплуатационных испытаний или опыта эксплуатации аналогичных машин. Естественно, что в зависимости от условий эксплуатации реальные сроки и объемы ремонта могут отличаться от нормативных. Фактическая величина трудоемкости ремонта зависит от технического оснащения ремонтного предприятия. Для определения объемов ремонта составляется график проведения плановых мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту, на основании которого определяется необходимый объем плановых мероприятий и производится распределение ремонтов в зависимости от возможностей ремонтных предприятий и средств доставки техники в ремонт и ее доставки из ремонта. Для условий линейного строительства вопрос доставки техники в ремонт и доставки отремонтированной техники на объект строительства является очень важным.

Далее, с учетом того, что существенную часть парка техники обычно составляют машины в исполнении «У», необходимо учитывать влияние региональных факторов на величину параметра потока отказов. Следует отметить, что вопрос учета потребности в неплановых ремонтах при

планировании ремонтных мероприятия рассматривался целым рядом исследователей – Б.Н.Бирючевым, Б.Г.Кимом, Н.В.Коценко и др. Г.Н. Кириллов рассматривал также влияние условий Севера на увеличение числа неплановых мероприятий [19, 48, 50, 51].

К числу таких региональных факторов следует отнести:

- влияние природно-климатических условий Севера и Арктики, прежде всего низких температур и резких колебаний температуры в течение суток зимой, тяжелых грунтовых и дорожных условий;

- плохая приспособленность машин к работе в этих условиях, в том числе хладноломкость сталей и резинотехнических изделий;

- нарушение требований заводских руководств по эксплуатации, включая применение нерекомендованных масел и гидрожидкостей;

- человеческий фактор, особенно при вахтовой работе механизаторов.

Вероятность возникновения отказов машин $P(t_C)$ при отрицательных температурах как функция температуры окружающей среды t описывается известным выражением

$$P(t_C) = e^{-\alpha t_C}, \tag{4.4}$$

где α – средняя скорость увеличения числа отказов при понижении температуры;

$$\alpha = \beta / \varpi, \tag{4.5}$$

где β – коэффициент регрессии числа отказов машины на температуру; ϖ – среднее число отказов машин данного типа при положительной температуре

Данное выражение не учитывает влияние всех климатических факторов, к которым относятся также скорость ветра, влажность воздуха, перепады температур в течение суток и др. Влияние этих факторов частично учитывается понятием «техническая жесткость климата», которое учитывает температуру и скорость ветра. Жесткость климата St оценивается в град. С.

Зависимость параметра потока отказов от жесткости климата на примере гидравлических экскаваторов в исполнении «У» была получена на основании статистики по строительным организациям ряда районов (табл. 4.1), где Б - Белгородская область, Л – Ленинградская область, Н – Новосибирская область, К – Красноярский край (кроме Норильска), А – Амурская область.

Таблица 4.1. Зависимость параметра потока отказов от жесткости климата на примере гидравлических экскаваторов в исполнении «У»

Параметр	Б	Л	Н	К	А
St, °С	54,5	60,5	82,8	86,3	107,8
Ед/год	5,1	6,2	7,8	8,1	15,1

Для получения функции $\omega = f(S_T)$ проведем выравнивание результатов по методу Чебышева. Характер полученных данных позволяет предположить линейную или параболическую зависимость вида соответственно:

$$\omega_1 = a_0 + a_1 \cdot S_{Ti}, \quad (4.6)$$

$$\omega_2 = a_0 \cdot S_{Ti}^{\ 2} + b \cdot S_{Ti} + c, \quad (4.7)$$

Полученные уравнения регрессии имеют вид:

$$\omega_1 = -6{,}47 + 1{,}88 \cdot S_T, \quad (4.8)$$

$$\omega_2 = 1{,}2 \cdot S_T^{\ 2} - 18{,}9 \cdot S_T + 79, \quad (4.9)$$

Определение основной ошибки дает значения $\sigma_1 = 2{,}81$ и $\sigma_2 = 5{,}49$, что свидетельствует о том, что гипотеза о линейной зависимости параметра потока отказов от технической жесткости климата предпочтительнее.

Следовательно, с увеличением технической жесткости климата будет линейно увеличиваться и нагрузка на систему ремонта от неплановых ремонтов. Это увеличение может быть определено в сравнении с центральными районами Европейской части России и может быть

использовано для корректировки планов ремонта и резервирования ремонтных средств.

Потребность в неплановых ремонтах для парка однотипных машин в N единиц может оцениваться коэффициентом $K_{нр} = R/N$, где R – количество неплановых ремонтов в год. Исследования Г.Н.Кириллова [51] показали, что величина $K_{нр}$ зависит также от среднего возраста парка и может описываться следующим выражением:

$$K_{\text{нр}} = aT^2 + bT + c, \qquad (4.10)$$

где T – средняя наработка машин с начала эксплуатации, маш.ч., а, b и с – коэффициенты, зависящие от конструктивных особенностей машины и ее исполнения, получаемые на основании обработки статистики. Для машин в северном исполнении значения этих коэффициентов в 1,5-2,5 раза меньше, чем у машин в исполнении «У».

Эта методика позволяет рассчитать ожидаемое годовое количество неплановых ремонтов. Для этого необходимо иметь данные о потоке неплановых ремонтов и характеристике парка машин. Например, в первоначальный период работ на БАМе для оценки вероятного объема неплановых ремонтов использовали статистику по стройкам Сургут-Уренгой и ряда других, которые корректировали для более жесткого климата трассы БАМа (рис. 4.2).

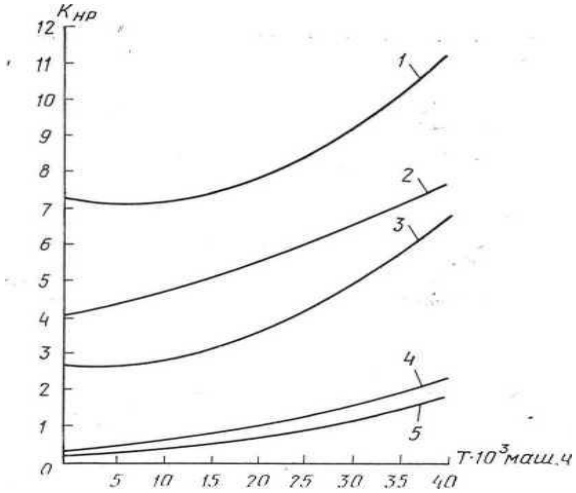


Рис. 4.2. Зависимость коэффициента $К_{нр}$ от средней наработки с начала эксплуатации для экскаваторов (1), бульдозеров (2) , монтажных кранов (3), компрессоров (4) и автомобильных кранов (5).

Оценка вероятной трудоемкости непланового ремонта строительной техники проводилась Г.Н.Кирилловым и Н.В.Коценко для средней климатической полосы. Так, Г.Н.Кириллов установил, что для смешанных парков средняя трудоемкость одного непланового ремонта составляет 9,3 чел-ч. Для конкретных типов машин Н.В.Коценко [56, 57] была получена средняя трудоемкость непланового ремонта одноковшового экскаватора 16,6 чел-ч, бульдозера на классе 10 тс – 11 чел-ч. Для районов Севера эти цифры могут быть существенно выше за счет более сложных условий работы ремонтников.

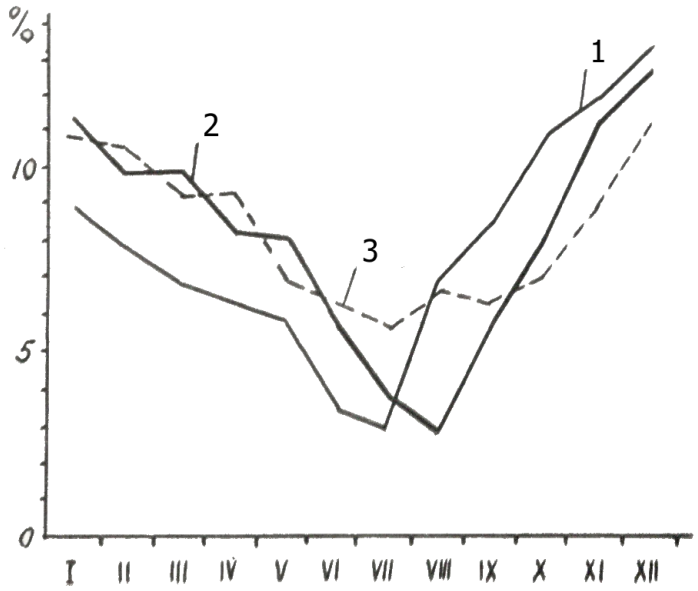


Рис. 4.3. Распределение отказов землеройной техники в исполнении «У» по месяцам года
где: I – XII – месяца года; 1- экскаваторы 1,0-1,5 м3 в средней полосе России; 2 – экскаваторы 1,0-1,5 м3 и бульдозеры на гусеничных тракторах (3) на севере Амурской области и Хабаровского края.

На основании полученных данных о вероятном количестве неплановых ремонтов и их средней трудоемкости возможно определить величину резервной мощности ремонтных средств для выполнения этих ремонтов в дополнении к плановой системе.

Следует отметить, что распределение отказов машин в течение года неравномерно, и поток отказов в зимнее время существенно увеличивается, как это следует из рис. 4.3. Это следует учитывать при планировании проведения плановых ремонтов техники, смещая их на весенний и осенний периоды, когда работа техники, особенно землеройной, затрудняется по погодным условиям.

4.3. Организации ремонта техники в условиях линейного строительства

Организация ремонта техники включает решение задач 2-8. Для линейного строительства в условиях Севера и Арктики решения по организации ремонта техники, применяемые при строительстве в средней полосе России, не всегда приемлемы. Это связано с тем, что строительство ведется в неосвоенных районах с практически отсутствующим населением, что исключает использование местных трудовых ресурсов. Рассредоточенность техники вдоль трассы строительства, отдаленность объектов строительства от начальной базы при возможности использования преимущественно грунтовых дорог в плохом состоянии создает проблемы с обеспечением техники эксплуатационными и ремонтными материалами на объектах строительства, доставкой техники в ремонт, необходимостью создания временных ремонтных мастерских и применения подвижных ремонтных средств. Все это требует особых подходов к решению указанных задач.

Задача № 2 - выбор формы системы ремонта и обслуживания – плановой или по техническому состоянию зависит от опыта реализации той или иной формы в аналогичных условиях и во многом является субъективным.

Возможные схемы выполнения ремонтов и распределение ремонтов по исполнителям зависят от вида применяемой техники. Например, для землеройной техники возможно применение схемы с двумя текущими ремонтами ТР-1 и ТР-2, средним СР и капитальным КР ремонтом. В этом случае ТР-1 может выполняться на участке, ТР-2 на базе мехколонны, СР – в мастерских треста, а для КР в случае экономической целесообразности техника отправляется на завод. Если КР нерентабелен, с учетом стоимости доставки техники в ремонт и из ремонта, машину списывают. ТР-1

предусматривает ремонт одного агрегата и сопутствующие работы, может выполняться силами ремонтников на участке или с помощью подвижных ремонтных средств мехколонны. Ремонт ТР-2 предусматривает работы по двум или более агрегатам, в этом случае машину доставляют на базу мехколонны.

Неплановые ремонты в зависимости от сложности могут выполняться в обоих вариантах. ТР автосамосвалов выполняется на базе мехколонны, где для него создаются необходимые условия. Следует учитывать, что в зимнее время машину необходимо прогревать в отапливаемом помещении около суток с тем, чтобы на ней можно было вести ремонтные работы, в том числе с применением сварки.

Мостостроительную технику на строительстве больших и внеклассных мостов ремонтируют на месте строительства, для чего создается местная ремонтная база. При строительстве малых и средних мостов при ограниченных сроках выполнения работ применяется схема с проведением ТР на месте работ, в том числе с использованием подвижных ремонтных средств мостоотряда, а СР – на ремонтной базе мостоотряда.

Рассмотренные схемы являются одними из возможных вариантов. Во всех случаях должны просчитываться варианты, учитывающие время и стоимость простоя машины в ремонте, время и стоимость доставки машин в ремонт и из ремонта, техническую сложность выполняемых работ, возможности ремонтных мастерских по техническому оснащению и производственной мощности.

На основе принятой схемы организации ремонта определяются мощности ремонтных средств - производственная программа, характеристики выполняемых ремонтных мероприятий, необходимый персонал, техническое оснащение и технология ремонта.

Планирование ремонта осуществляется с учетом выбранной схемы и возможностей ремонтных средств после решения предыдущих задач. Оно

должно обеспечить сокращение времени доставки техники в ремонт или подвижных ремонтных средств к машине при условии обеспечения эффективного функционирования ремонтных средств, т.е. наличия в них ремонтного фонда и минимизации простоя техники в ремонте. Кроме того, должна учитываться загрузка тех или иных машин при выполнении производственных задач, поэтому сроки вывода машин в ремонт могут сдвигаться по производственной необходимости. Это особенно часто наблюдается в рассматриваемых условиях, когда на планы кроме производственной необходимости могут влиять природные условия, например, разливы рек, период ледостава, разрушение зимников и т.п. [14]

В качестве примера возможного распределения ремонтов по уровням системы (задача №3) рассмотрим трест «Строймеханизация», включающий несколько мехколонн, работающих на строительстве земляного полотна автомобильной или железной дороги. [14]

В этом случае возможны четыре уровня системы ремонта (r=1…4), где r=1 – ремонтные средства на участках; r=2 – мастерские мехколонны, включая подвижнее средства; r=3 – ЦРМ (центральные ремонтные мастерские) треста «Строймеханизация»; r= 4 – заводы промышленности. Примем схему с четырьмя видами ремонта (ТР-1, ТР-2, СР и КР), обозначив их как j= 1…4.

Всю технику мехколонны можно сгруппировать в 4 группы с индексом i=1…4, принимая, что стоимость c_{ijr} j-го вида ремонта единицы техники, входящей в группу, в данном уровне системы ремонта будет одинаковой. Примем следующие группы техники: i=1 – экскаваторы, i=2 – бульдозеры, i=3 –бурильные машины и другая техника на гусеничной базе, i=4 – автомобили-самосвалы и другие автомобили.

Стоимость c_{ijr} зависит от стоимости доставки техники в ремонт и обратно на объект, а также от уровня механизации ремонтных работ и времени простоя машин в ремонте. Следовательно

$$c_{ijr} = c_{jrt} + c_{ijrf} + c_{ijrl}\ , \qquad (4.11)$$

где c_{ijrt} - стоимость доставки техники в ремонт и из ремонта;

c_{ijrf} - себестоимость ремонта техники с учетом накладных расходов;

c_{ijrl} - убытки за счет простоя техники в ремонте.

Общее число выполняемых ремонтов X складывается из числа плановых ремонтов

$$X_p = X_{p1} + X_{p2} + X_{p3} + X_{p4}, \qquad (4.12)$$

и неплановых ремонтов

$$X_{нр} = X_{нр1} + X_{нр2} + X_{нр3}, \qquad (4.13)$$

Число X_p плановых ремонтов определяется графиком планово-предупредительных ремонтов, число неплановых – величина вероятностная, определяется применительно к опыту, в том числе к опыту аналогичных строек, в качестве коэффициентов к величине X_p, причем для разных видов ремонта величина коэффициента будет разной, убывая от ТР-1 к СР. Неплановые капитальные ремонты не учитываются, поскольку технику в этом случае списывают. Учет неплановых ремонтов необходим, поскольку для их выполнения нужно резервировать мощности мастерских и денежные средства.

Задача №4. Для разработки плана ремонта на год или период строительства требуется определить величину x_{ijr} – число ремонтов j-го вида i-го типа машин, выполняемых в r-ом уровне системы ремонта при стоимости единичного ремонта c_{ijr}. Критерием в данном случае будет минимизация общих затрат. Для этой цели строится матрица затрат на выполнение ремонта в каждом уровне системы ремонта. Невозможность или нецелесообразность выполнения ремонта j-го вида i-го типа машин в данном уровне обозначается как бесконечно большая стоимость.

Для решения задачи требуется найти:

$$\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4}\sum_{r=1}^{4} x_{ijr} c_{ijr} \rightarrow \min , \qquad (4.14)$$

при условии:

$$x_{ijr} \geq 0 , \qquad (4.15)$$

$$\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4} c_{ijr} x_{ijr} \leq c_r , \qquad (4.16)$$

$$\sum_{r=1}^{4} x_{ijr} \leq X , \qquad (4.17)$$

Условие (4.15) предусматривает, что значения x_{ijr} должны быть положительными, что важно для машинного решения. Условие (4.16) ограничивает возможность выполнения ремонтов в данном уровне системы ремонта, характеризуемой суммарной стоимостью выполняемых работ C_r. Условие (4.17) предусматривает выполнение всех плановых и неплановых ремонтов X.

Решение задачи возможно с использованием программ модифицированного симплекс-метода, если принять, что значения x_{ijr} не обязательно целые, поскольку целочисленное решение существенно усложняет математический аппарат. Задача состоит не в разработке плана ремонта, а в определении оптимальной политики загрузки уровней системы ремонта, что важно для распределения сил и средств, включая финансовые средства. Решение задачи позволяет также определять потребность в запасных частях и их распределение по трем низшим уровням системы ремонта.

Недостаток этого решения в том, что оно не учитывает очередность выполнения ремонтов разных типов машин в мастерских r-го уровня. Фактически в первую очередь выполняется ремонт той машины, которая необходима для решения производственных задач, а не той, чей ремонт дешевле и выполняется быстрее. Естественно, что с учетом целого ряда

вероятностных факторов, получить стопроцентно правильное решение невозможно, но в целом, данная методика позволяет с достаточно высокой степенью вероятности получить стратегию распределения ремонтов по уровням системы, что позволяет планировать распределение сил и средств.

Задача №5 – определение необходимой мощности ремонтных средств, решается на основании решения задачи № 3 с учетом возможностей по выделению ремонтных мощностей и возможностей средств эвакуации и представляет собой определенный компромисс, учитывающий экономическую целесообразность и необходимость приближения ремонтных средств к местам сосредоточения техники. Ремонтные средства должны располагать необходимым персоналом и техническим оснащением. Конкретные решения по ремонтным средствам будут рассмотрены.

Задача №6 решается после решения предыдущих задач, она должна обеспечить сокращение времени доставки техники в ремонт или подвижных ремонтных средств к машине при условии обеспечения эффективного функционирования ремонтных мастерских, т.е. наличия ремонтного фонда и минимизации простоя техники в ремонте. К полученной схеме привязывается решение задачи снабжения запчастями.

Задача №7 предусматривает создание парка средств транспортирования тяжелой техники и его использования в зависимости от схемы размещения объектов строительства и ремонтных средств. Один из возможных вариантов решения этой задачи рассмотрен в работе [14].

Задача №8. Решение задачи организации снабжения запасными частями включает расчет потребности в запасных частях и материалах и их распределение по уровням системы ремонта. Классическое решение этой задачи возможно с использованием математического аппарата теории запасов. Опыт показывает, что из-за высокой стоимости простоя используемой техники и транспортных проблем, в данном случае приходится

иметь избыточные запасы материалов и запасных частей. Подробно вопрос рассматривается в параграфе 4.5.

4.4. Доставка техники в ремонт

Одной из проблем данной системы ремонта является доставка машин в ремонт. Это связано с плохим состоянием притрассовых автомобильных дорог, большими плечами доставки техники в ремонтные мастерские, особенно на головные базы, а также с большой массой и габаритами землеройной техники, трубоукладчиков и других машин, что требует применения трейлерного парка. Движение трейлеров с техникой в зимнее время по притрассовым дорогам может осуществляться со скоростью до 20 км/ч, в летнее время – около 10 км/ч., что при больших плечах транспортировки (до 300 км) создает серьезные проблемы доставки машин в ремонт и из ремонта.

Опыт строительства и эксплуатации притрассовых дорог на северных стройках, в том числе на строительстве БАМ, показывает, что их содержание оказывает большое влияние на работу строителей и перемещение техники, особенно тяжелой техники и таких строительных материалов как сваи и мостовые конструкции.

Проблемы строительства и содержания автодорог по мари или тундре при наличии вечной мерзлоты заключаются в том, что в летнее время мерзлота оттаивает на глубину до 2 м, и под слоем торфа образуется жидкотекучая масса. При попытках движения по мари машин торфяной слой не выдерживает, и машина проваливается до мерзлоты. Поэтому дороги строят с отсыпкой по торфяному слою скального грунта толщиной около 1,5 м. В этом случае оттаивание мерзлоты не происходит. Очень важно при строительстве и эксплуатации не повреждать торфяной слой, в том числе на обочинах дороги, в противном случае наблюдается явление термокарста,

бороться с которым достаточно сложно. Поскольку эти дороги обычно не имеют твердого покрытия, при их эксплуатации летом наблюдается появление эффекта «стиральной доски», что значительно снижает скорость движения техники. При движении по этим дорогам тяжелых тягачей и автосамосвалов образуется колея, которая затрудняет передвижение трейлеров с техникой и автомобилей средней грузоподъемности. На дороге появляются ямы, которые заполняются водой и создают проблемы для движения. В период распутицы притрассовые дороги могут быть вообще непроезжими, или движение по ним возможно со скоростью 5-10 км/ч.

Если дорога пересекает ручьи и мелкие реки, то устраиваются броды, к которым подготавливаются съезды и въезды. Максимально возможная глубина брода определяется исходя из конструктивных особенностей применяемых машин и расположения деталей, через которые вода может попасть в двигатель. Грунт на дне реки должен быть достаточно плотным и иметь небольшое сопротивление движению и достаточный коэффициент сцепления. Преодоление бродов тягачами с трейлером представляет достаточную сложность, требует предварительной проверки глубины брода, особенно при наличии дождей. Следует учитывать, что мари плохо впитывают воду, в период дождей вода скатывается в реки, уровень воды в реках поднимается очень быстро. Например, в реке Бурея уровень воды в районе п. Ургал в течение нескольких часов поднялся на 6 м.

При нарушении торфяного слоя мари при строительстве притрассовых дорог в летнее время может наблюдаться явление термокарста, при котором происходит местное оттаивание мерзлоты на глубину 1,5-2 м, устранить которое оказывается достаточно сложно даже отсыпкой скального грунта.

Особенность движения по дорогам в зимнее время – борьба с обледенением, особенно в весенний период, когда днем под действием солнечной радиации даже при минусовых температурах оттаивает уплотненная снежная поверхность дороги, а ночью замерзает. Движение

тяжелой автомобильной техники на подъемах становится затрудненным, а в ряде случаев невозможным. Поэтому на БАМе для обеспечения преодоления затяжных подъемов использовали в качестве дежурных тягачей гусеничные тракторы или бульдозеры.

Движение техники по зимнику должно обеспечиваться надежным уплотнением снегового покрова. Основной характеристикой снегового покрова, определяющей возможность движения по нему машины, является его плотность – отношение объема воды, полученной при таянии снега, к его первоначальному объему. Чем выше плотность снега, тем больше возможность движения техники по нему. При плотности снега выше 0,45 г/см^3 возможно движение колесных машин при толщине снега, равной полуторному размеру дорожного просвета. Машина при этом движется по слою сильно уплотненного снега. Лучше всего уплотняется колесными машинами рыхлый сухой снег, который после нескольких проходов машин образует достаточно прочное покрытие дороги, по которому возможно движение без значительного ограничения скорости. Для увеличения коэффициента сцепления шин с дорогой и уменьшения коэффициента сопротивления движению применяют цепи противоскольжения, а в автомобилях повышенной проходимости снижают на 20-30% давление в шинах.

В ряде районов, где трасса автодороги проходит по безлесной местности, проблему представляет борьба с заносами. Поскольку канавы вдоль трассы на мерзлых грунтах не устраиваются, то при заносах можно потерять дорогу. Особенно это возможно, если дорога проходит в отдалении от трассы строящейся железной дороги, а также во время пурги или тумана. При этом резко снижается скорость движения или возможна полная его остановка. В ряде случаев для продолжения движения требуется помощь гусеничных тягачей или бульдозеров. Поэтому при преодолении таких

участков рекомендуется иметь спутниковые телефоны, чтобы вызвать помощь в случае необходимости.

В зимнее время в качестве притрассовых дорог широко используются ледяные дороги при направлении русел рек параллельно трассе. В северной зоне малые реки, вроде Гилюя или Тынды, обычно промерзают до дна, на больших реках движение организуется после достижения толщины льда, способной выдержать нагрузку от машин и расчистки трассы.

Толщина льда в см, способного выдержать нагрузку от машины, может определяться по эмпирическим формулам:

Для гусеничных машин

$$h = 9\sqrt{G}\,, \tag{4.18}$$

Для колесных машин

$$h = 11\sqrt{G}\,, \tag{4.19}$$

где h – толщина слоя кристаллического льда, G – масса машины, т.

При транспортировке техники на пневмоходу и автомобильной на прицепе минимальное расстояние между тягачом и прицепом по условиям безопасности *l min*, м, принимается:

Для гусеничных тягачей

$$l_{\min} = \frac{1}{3}G_0 + 8\,, \tag{4.20}$$

Для колесных тягачей

$$l_{\min} = \frac{1}{2}G_0 + 10\,, \tag{4.21}$$

где G_0 - общая масса тягача и прицепа, т.

В случае недостаточной толщины льда в начале зимнего периода возможно проводить намораживание льда путем расчистки льда и заливки его водой, этот вариант применяется преимущественно при пересечении рек дорогой. Для обеспечения сопряжения дороги по грунту и реке для плавного спуска на лед устраивают дощатый или бревенчатый настил. При

использовании ледовых дорог следует опасаться появления наледей, когда вода из подземных источников выходит на поверхность полностью перемерзшей реки. Движение машин по наледи не допускается, так как при этом происходит обмерзание ходовой части и тормозов.

Для земляных работ на транспортном строительстве в условиях Севера применяется тяжелая техника, вес экскаваторов с ковшом 1,0-2,0 $м^3$ находится в пределах 31-34 т, бульдозеров мощностью 200 – 550 л.с. – от 25 до 80 т, гусеничных и пневмоколесных кранов – до 60 т. При перевозке бульдозеров приходится снимать отвалы из-за габаритов машины, но все равно грузоподъемность трейлера должна быть не ниже 60 т. Кроме того и трейлер, и тягач должны обладать повышенной проходимостью и иметь северное исполнение. Такие машины достаточно дороги, имеют большой удельный расход топлива и высокую стоимость машиносмены. Поэтому для эффективного использования трейлерного парка их целесообразно сосредотачивать на головных базах. При этом возможно применение трех типов трейлеров – грузоподъемностью 20, 40 и 60 т с учетом доставки буровых машин, компрессоров и т.п., масса которых меньше 20 т. Естественно, что при увеличении грузоподъемности трейлера стоимость перевозки повышается.

По опыту строительства БАМа для транспортировки техники использовались как прицепные трейлеры, так и седельные тягачи советского производства и импортные. Лучше всего в этих условиях показали себя тягачи Брянского завода и трейлеры Челябинского завода, которые оказались более надежными, чем импортные, в условиях низких температур и некачественных дорог.

Для расчета потребности в трейлерном парке предлагается следующая методика.

Поскольку предусматривается доставка техники в плановые ремонты, общее ее количество на планируемый период t можно с достаточной

точностью считать известным [1, 13]. Т.е. для каждого типа машин известна потребность в доставке на планируемый период (t), масса одной машины g_i и виды необходимых транспортных средств, то для каждого k-го вида транспортных средств можно написать

$$G_k \mid k = 1, m;\ J_k \subset \{1,2 \ldots h\}_{\text{при}}\ i = 1,2...h...n;\ J_k = \{i \mid g_i \le G_k\} \quad (4.22)$$

где J_k – список машин, в котором типы машин распределены по массе.

Стоимость перевозки i-ой машины на k-ом виде транспортного средства с r–го объекта ($r = 1, R$) на ремонтную базу может быть принятой независимо от массы машины, а только от грузоподъемности трейлера.

Обозначим через переменную x_{ikr} количество техники i–го вида, перевозимой трейлером k-го вида с r-го объекта, соответственно стоимость перевозки одной машины C_{ikr}. В этом случае x_{ikr} подчиняется условию

$$x_{ikr} \ge 0, \quad (4.23)$$

Дополнительное условие – выполнение плана D по доставке техники в ремонт, в том числе для обеспечения загрузки мастерских

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{m}\sum_{r=1}^{R} x_{ikr} = D, \quad (4.24)$$

Основным критерием для данного случая может быть минимум транспортных расходов, т.е.

$$\sum_{k=1}^{m}\sum_{i \in J_k}\sum_{r=1}^{R} x_{ikr} C_{ikr} \to \min, \quad (4.25)$$

Следовательно, задача сводится к минимизации выражения (4) при выполнении условий (1) и (3), тогда целевая функция может быть представлена в виде

$$\sum_{r=1}^{R}\sum_{i \in J_k}\left(\sum_{k=1}^{Rm} x_{ikr} C_{ikr}\right) \to \min, \quad (4.26)$$

Очевидно, что это выражение достигает минимума только в том случае, если каждая сумма $\sum_{k=1}^{m} x_{ikr} C_{ikr}$ будет минимальной при соблюдении условий (1) и (3), т.е. для каждой пары i, r необходимо решать задачу минимизации выражения

$$\sum_{k=1}^{m} x_{ikr} C_{ikr}, \qquad (4.27)$$

при условии (1) и (3), каждая из таких задач по формальной записи представляет собой достаточно сложную классическую задачу о ранце. Вместе с тем в данном случае задачу можно упростить, для чего упростим обозначения в задаче. Требуется минимизировать

$$J = \sum_{k=1}^{m} x_k C_k, \qquad (4.28)$$

при условии

$$\sum_{k=1}^{m} x_k = b, \quad \text{при } x_k \geq 0, \text{ целые} \qquad (4.29)$$

Легко показать, что оптимальное решение этой задачи получается при нахождении такой величины k, при которой достигается $\min C_k$ и положить $x_{k1} = b$. В этом случае значение целевой функции составит $f = c_{k1} b$.

Рассмотрим другое решение, при котором имеется еще хотя бы одно ненулевое значение x_k. Предположим, например, $x_{k1} = \alpha$, $x_{k2} = \beta$, где $\alpha + \beta = b$. Тогда значение целевой функции на этом этапе будет равно

$$f^1 = c_{k1}\alpha + c_{k2}(b - \alpha) = c_{k1}\alpha + c_{k2}(b - \alpha) + c_{k1}b - c_{k2}b = J + (c_{k1} - c_{k2})(b - \alpha), \qquad (4.30)$$

Поскольку во втором слагаемом оба сомножителя неотрицательные, то $f^1 > f$, т.е. решение $x_{k1} = b$, $x_k = 0$, $k \neq k_1$ оптимально. Следовательно, в данном случае каждая машина будет доставлена в ремонт наиболее дешевым способом.

Такая простая структура решения объясняется тем, что исходная задача распалась на несколько независимых подзадач, что может не иметь место в

более общих случаях и появится необходимость использовать математический аппарат задачи о ранце. Объединяя по всем i и r оптимальные планы всех задач (1), (3) и (6), получаем оптимальный план $\| x_{ikr} \|$ решения исходной задачи [1, 71].

Оптимальный состав трейлерного парка для выполнения задач по доставке техники в ремонт и возврату на объекты может быть найден следующим образом. Из плана $\| x_{ikr} \|$ можно найти суммарную массу техники Q_{kr}, подлежащей перевозке трейлерами k-го типа с r–го объекта, принимая массу техники равной грузоподъемности трейлера

$$Q_{kr} = \sum_{i \in J_k} g_k x_{ikr}, \qquad (4.31)$$

Введем для удобства вспомогательное обозначение. Через $\varphi(a/b)$ обозначим величину, равную a/b, если a кратно b, и равную $([a/b]+1)$ в противном случае, где [a/b] - символ целой части числа. Для достижения суммарного объема Q_{kr} k-ый трейлер должен сделать с объекта $\varphi(Q_{kr}/b_k)$ рейсов. Время работы k-го трейлера на всех объектах составит

$$\tau_k = \sum_{r=1}^{R} \varphi(Q_{kr}/b_k) t_r, \qquad (4.32)$$

где τ_r – среднее время рейса на объект и обратно, ч.

Общее число трейлеров k-го типа N_k, необходимое для выполнения перевозок за время T составит

$$N_k = \varphi(\tau_k / T), \qquad (4.33)$$

Недостаток данной методики в том, что она не учитывает возможность попутной загрузки трейлера, простоев трейлера из-за неисправности, использования его для других целей, необходимости доставки техники для выполнения неплановых ремонтов и других возможных отклонений от плана. Вместе с тем полученные по данной методике данные будут достаточно близки к величинам, обеспечивающим своевременную доставку техники в

ремонт и из ремонта и равномерность загрузки ремонтных средств всех уровней.

4.5. Обеспечение запасными частями

Один из важнейших элементов, обеспечивающих эффективную эксплуатацию техники – снабжение их запасными частями, агрегатами и ремонтно-эксплуатационными материалами. Эта задача осложняется стохастическим характером спроса на запасные части и их большой номенклатурой для смешанного парка машин, характерного для железнодорожного и других видов линейного строительства.

Практика показывает, что потери рабочего времени строительной техники из-за отсутствия запасных частей составляет 6-14%, хотя общий объем их производства обычно покрывает потребность в них. Это объясняется отсутствием точной информации о реальной потребности в запасных частях и, как следствие, несоответствие выпускаемого объема запасных частей по номенклатуре реальной потребности. Отсюда появление дефицита запасных частей наряду с затовариванием складов неликвидными запасными частями.

Существующие системы снабжения запасными частями в России и за рубежом многоуровневые, которые предусматривают размещение запасов по нескольким уровням складов, порядок их заказа, хранения и обеспечения необходимого уровня их запаса. Снабжение запасными частями осуществляется через частные и государственные организации, специализирующиеся на той или иной номенклатуре запасных частей, агрегатов и ремонтно-эксплутационных материалов. Эти организации заключают контракты на поставку запчастей с заводами-изготовителями или иностранными поставщиками, организуют доставку запчастей на свои склады или базы и поставку (продажу) их строительным организациям или

ремонтным предприятиям по постоянным контрактам или по разовым запросам.

Поскольку процесс приобретения запасной части у поставщика и ее доставка к месту ремонта занимает определенное время, в течение которого машина может простаивать, эксплуатирующие организации должны иметь собственные запасы и запчастей, и ремонтных материалов. Для линейного строительства наличие таких запасов является весьма актуальным, поскольку потери от простоя машин могут быть довольно большими. Необходимость создания запасов обуславливается дискретностью поставок при близком к непрерывному потреблению, случайными колебаниями спроса (при появлении внезапных отказов и т.п.), неравномерностью интервалов между поставками, так как запланированная квартальная поставка может быть получена как в начале квартала, так и в его конце.

Отсюда выходит, что при линейном строительстве нужно иметь большие запасы. Однако, следует иметь в виду, что большие запасы требуют вложения больших средств, организации их хранения, происходит устаревание запасов, появляются неликвиды. Поэтому стоит задача компромисса между затратами на создание и хранение запасов и потерями от простоя машин из-за отсутствия запасных частей. При большой рассредоточенности техники, как, например, на транспортном строительстве, вопрос размещения запасов часто играет определяющую роль в продолжительности простоя техники.

На транспортном строительстве применяется схема, когда на нижнем уровне (участке, бригаде) при ремонтном средстве хранится минимум быстроизнашивающихся деталей или материалов (зубья ковшей и рыхлителей, гусеничные траки, приводные ремни и цепи, шланги высокого давления, форсунки, фильтры и т.п.). В мастерских мехколонны, мостоотряда или СМП хранится запас деталей и агрегатов, вероятность спроса на которые достаточно велика, например, гидравлические насосы, подшипники качения,

гидрораспределители, регулировочные клапана, элементы ходовой части, топливные насосы и др. На базах управлений механизации, трестов могут храниться различные сменные агрегаты, в том числе двигатели внутреннего сгорания и электродвигатели, а также запасные части для пополнения запасов мастерских низшего уровня. Схема предусматривает, что более востребованные и более дешевые запасные части, и агрегаты находятся на низших уровнях, дорогие и небольшого спроса хранятся на верхнем уровне или заказываются у поставщиков по поступлению требований на них.

Существуют достаточно точные машинные решения задачи оптимизации общего объема хранимых запасных частей, которые, однако, не дают четкого распределения объемов запасов по уровням системы снабжения. Задачи решаются с помощью математического аппарата теории управления запасами. Управление запасами заключается в определении моментов и объемов заказов на поставку запасных частей и распределении полученной партии по нижестоящим звеньям системы снабжения.

Совокупность правил, по которым принимаются эти решения, называют стратегией управления запасами. Теоретические основы этой стратегии начали разрабатываться в шестидесятые годы прошлого столетия, особенно много вниманию этой тории уделялось в США, где основными разработчиками были ученые организации «Рэнд корпорейшн». Ими, в частности, была разработана система обеспечения боеприпасами и другим имуществом армии США во Вьетнаме. Реально она оказалась не совсем удачной, о чем свидетельствует «потеря» большой партии боеприпасов для армии на складах на острове Гуам, которую нашли уже после окончания войны. Тем не менее работы зарубежных и советских математиков позволили создать программы, которыми пользуются и в настоящее время для оптимизации запасов.

Стратегия управления запасами запасных частей минимизирует сумму затрат на создание и хранение запасов и сумму потерь от простоев техники

из-за отсутствия запасных частей. Существует целый ряд вариантов этих стратегий. Наиболее простой является стратегия с фиксированными размерами заказа g через равные промежутки времени. Она применяется лишь в условиях стабильного спроса, но позволяет получить приближенные методики расчета. Кроме того, эта стратегия устраивает поставщиков, что немаловажно.

Рассмотрим один из вариантов такой стратегии, для чего примем, что спрос на запчасти постоянен и равен q деталей в единицу времени, нехватка деталей на складе недопустима. Склад пополняется партиями по g деталей в каждой. Затраты на доставку одной партии постоянны и равны C_o руб. Стоимость хранения одной детали в единицу времени равна C_t. Общий спрос за интервал времени T равен Q деталей. Однако не обязательно завозить на склад сразу все Q деталей, целесообразнее делать это в несколько приемов, пополняя склад через интервалы времени T_o партиями по g деталей. Число партий равно n. Очевидно, что:

$$Q = ng\,;\quad T = nT_0\,;\quad g = qT_0\,; \tag{4.34}$$

Значения Q, T, C_o, C_t заданы. Требуется определить экономичные размеры партий g, число партий n и их периодичность T_o так, чтобы суммарные затраты на хранение оказались наименьшими. В этом случае суммарные затраты:

$$C = nC_0 + n/2C_t + gT_0\,, \tag{4.35}$$

В уравнение входят три искомые переменные. Исключим n, T_o с помощью формул (4.36):

$$C = QC_0/g + C_tTg/2\,, \tag{4.36}$$

Для нахождения минимума C надо приравнять к нулю производную $\frac{dC}{dg} = 0$. Известно, что сумма двух переменных величин при постоянном их произведении имеет наименьшее значение, когда эти переменные равны.

Так как произведение слагаемых равно $\frac{QC_0C_tT}{2}$, то есть постоянно, то стоимость будет минимальной при $QCo/g = C_tTg/2$, откуда:

$$g = \sqrt{2QC_0 / TC_t}, \qquad (4.37)$$

При решении этой задачи принято условие, что нехватка запасных частей на складе недопустима и спрос удовлетворяется немедленно. Этот вариант ведет к существенному увеличению объема запасов и их стоимости. Нехватка запасных частей приводит к простою машин, но в ряде случаев выгоднее допустить известное количество простоев, чем добиваться бесперебойного обеспечения запчастями. При этом условии для решения задачи вводится дополнительно денежная оценка потерь от простоя машин из-за отсутствия деталей:

$$C = n[0,5g_0T_1C_t + C_0 + 0,5(g - g_0)(T_0 - T_1)C_н], \qquad (4.38)$$

где g - максимальный уровень запаса на складе; $C_н$ – потери (штраф) от простоя машин в сутки.

В результате отыскания минимума С найдем

$$g = \sqrt{2QC_0 / pTC_t}, \qquad (4.39)$$

где $p = C_н / C_t + C_н$.

Введение штрафа за недопоставку позволяет сэкономить значительные средства. В зависимости от уровня склада и его размещения могут быть применены стратегии «постоянного уровня запасов», «критического уровня запасов» и другие. Для запасных частей с низким спросом - ходовые рамы экскаваторов, стрелы и т.п.) применяется стратегия двух уровней.

Для транспортного и других видов линейного строительства важна задача не только определения объема запасов, но и вопрос их размещения вдоль трассы строительства, который часто играет определяющую роль в продолжительности простоя машины.

В ряде случаев время простоя ведущей машины в комплексе является определяющим для срока доставки запасной части или агрегата. На строительстве БАМ нередки были случаи доставки запчастей вертолетами для ведущих машин – экскаваторов, путеукладчиков, кранов на строительстве мостов и т.п. Аналогичные случаи имелись и в мировой практике. Так, при выходе их строя дизельного двигателя экскаватора на стройке железной дороги на Ближнем Востоке запасной двигатель не могли найти на складе фирмы-изготовителя в Европе, и пришлось доставлять его специальным самолетом из США, так как штраф за простой экскаватора по контракту оказался очень высоким.

В США и странах Западной Европы получение запасных частей гарантируется объемом их производства, но риск фирм (убытки от создания и хранения излишних запасов) компенсируется высокой стоимостью запасных частей - в 3-5 раз, а по снятым с производства машинам – до 10 раз выше стоимости деталей, установленных на машину при изготовлении. Для обеспечения запасными частями создаются базовые склады и пункты выдачи. Например, фирма «Caterpillar», США, имеет базовый склад в Европе в Нидерландах, откуда пополняются склады в других странах Евросоюза. Склад-магазин может удовлетворить до 85% спроса на запасные части, 10-12% спроса удовлетворяется в течение суток за счет запасов районных складов (промежуточный склад на одну или несколько стран) и 3-5% от нескольких суток до недели за счет центрального склада, который пополняется за счет заводов фирмы в Европе и США.

В ряде случаев фирмы-изготовители стараются поставлять в качестве запасных частей не детали, а более дорогие агрегаты или узлы. Так, на аксиально-поршневых гидронасосах экскаваторов HD-1500GYS фирмы КАТО происходил ускоренный износ распределительной шайбы, изготовленной из специальной бронзы. Фирма КАТО отказалась поставлять эти детали, предлагая гидронасос в сборе. Это вынудило изготавливать

распределительную шайбу своими силами, при этом основную проблему составил подбор состава бронзы.

Высокая стоимость запасных частей на импортную технику и проблемы с их закупкой вынуждали в период строительства БАМа организовать их восстановление или изготовление новых деталей на заводах промышленности, при этом разрабатывать новые технологии, поскольку зарубежные фирмы-изготовители технологию предоставлять отказывались.

В настоящее время мы имеем аналогичную картину по многим видам техники, закупленной за рубежом, в том числе и по машинам, выпускавшимся в России заводами, принадлежавшим инофирмам, которые с началом СВО прекратили свою деятельность в России.

4.6. Управление системой обслуживания и ремонта техники

В условиях линейного строительства на Севере и размещении техники и средств ее обслуживания и ремонта на значительном расстоянии от базовой структуры существенное значение имеет организация оперативного управления этими средствами для обеспечения эффективной работы техники.

В этом случае система управления должна иметь несколько уровней, каждый из которых должен решать свои задачи. Общая задача системы управления сводится к сбору и анализу информации, принятие решения и доведение его до исполнителей, организацию взаимодействия между уровнями системы и ее подразделениями, оперативное руководство средствами обслуживания и ремонта. Непосредственное управление системой осуществляют отделы главного механика трестов и управлений.

В состав строительной организации, осуществляющей строительство линейного объекта на Севере (железной или автомобильной дороги, магистрального трубопровода, высоковольтной ЛЭП) в зависимости от задач может входить одно или несколько управлений механизации, строительные

подразделения (СМУ, СМП, мостопоезд. автобазы и др.), а также специализированные подразделения – буровзрывные, связи и СЦБ, водремы и т.п. В ряде случаев отдельные виды работ выполняются сторонними специализированными организациями, например, строительство больших и внеклассных мостов, буровзрывные работы, устройство ЛЭП вдоль трассы железной дороги и др. Особенность структуры таких строек, например, по опыту Главбамстроя, в том, что строительная техника, включая основную автомобильную технику (автосамосвалы, бетоновозы, автокраны и др.) находится в строительных подразделениях, а в автобазе сосредоточены автомобили, осуществляющие централизованные перевозки – трейлеры, тягачи и др.

Отдел главного механика такой строительной организации (треста, управления строительства) для решения задач системы ремонта обычно включает ряд специалистов, в том числе главного механика, его заместителя – инженера по эксплуатации, инженера по ремонту, инженера автомобильной службы и инженера по запасным частям.

Задачей главного механика является организация эксплуатации техники строительной организации для решения задач, поставленных ее руководством, обеспечение подразделений строительной и автомобильной техникой, в том числе вопросы модернизации технического оснащения подразделений, обеспечение функционирования системы ремонта путем руководства отделом и осуществления внешних связей с другими организациями, а также контроль за входящими в организацию подразделениями в вопросах эксплуатации техники. При необходимости может оказывать помощь специализированным организациям, выполняющим работы по субподряду.

Заместитель главного механика – инженер по эксплуатации решает вопросы организации эксплуатации техники в подразделениях. В его ведение входит обеспечение подразделений техникой в соответствии с

планируемыми задачами, организация подготовки техники к зиме, в том числе устройство обогреваемых стоянок в межсменное время, контроль за использованием техники и организация централизованного технического обслуживания.

Инженер по ремонту планирует проведение капитальных и средних ремонтов машин, как своими силами, так и на заводах, на основании заявок от отделов главного механика управлений механизации и строительных подразделений. Он планирует загрузку ЦРММ управления строительства (треста) и организацию агрегатного ремонта. Через него также проходит выделение денежных средств подразделениям на выполнение ремонтов и оснащение мастерских подразделений. Инженер по ремонту осуществляет также контроль работы ЦРММ и мастерских подразделений.

Инженер автомобильной службы организует работу подразделений по эксплуатации и ремонту автомобильной техники, планирование ее капитальных и средних ремонтов, а также осуществляет контроль за водительским составом и соблюдением правил использования автомобильной техники. В ряде организаций автомобильная служба выделяется в самостоятельный отдел и подчиняется главному инженеру управления строительства.

Инженер по запасным частям осуществляет работу по закупке запасных частей и ремонтных материалов по заявкам инженера по ремонту и инженера автослужбы, а также по созданию их запаса на центральной базе строительного управления.

Инженер по эксплуатации планирует также обеспечение техники смазочными материалами и специальными жидкостями, снабжение которыми осуществляется через службу снабжения.

В подразделениях строительных подразделений (СМУ, управлений механизации, мехколоннах) структура может быть аналогичной рассмотренной выше, но обеспечение запасными частям возлагается на

инженера по ремонту и начальника автослужбы. На участках работу по организации эксплуатации, обслуживания и ремонта техники выполняют механики участков, а также начальники участков механизации и бригадиры механизированных бригад.

Контроль за техникой, регистрируемой Ростехнадзором (грузоподъемные краны, котлы и т.п.), а также за используемой на опасных производствах нерегистрируемой техникой, надзор за которой возлагается на предприятия, осуществляет служба производственного контроля, которую возглавляет главный инженер или один из его заместителей. Непосредственно организует эту работу специалист по надзору. В его задачу также входит контроль за организацией безопасной работы техники подразделений.

Эффективность управления системой обеспечивается четким взаимодействием вертикальных уровней системы, автоматизацией управления, исключением излишних информационных потоков, внедрением диспетчерского управления, использованием более совершенных средств связи.

По опыту Управления механизации Главбамстроя, внедрение диспетчерской службы на уровне: Управление механизации - мехколонна – участок механизации позволило сократить средние простои машин на 8%. Одновременно оснащение мастерских-летучек централизованного ТО и агрегатного ремонта радиостанциями позволило увеличить коэффициент их использования с 0,69 до 0,77.

Поэтому в условиях отсутствия стабильной связи в осваиваемых районах целесообразно оснащать подвижные мастерские (летучки) радиосвязью или спутниковыми телефонами.

Автоматизация управления системой позволяет на основе сбора и анализа случаев отказа получать надежные исходные данные для планирования работы системы в условиях повышенного количества

требований на неплановые ремонты, в том числе для планирования работы ремонтных органов, средств доставки техники в ремонт и из ремонта, поставок запасных частей и создания их резервов по уровням системы ремонта. Использование достаточно простых моделей позволяет оптимизировать процесс планирования и повысить эффективность работы системы.

ГЛАВА 5. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ТЕХНИКИ АГРЕГАТНЫМ МЕТОДОМ

5.1. Основные принципы организации.

Один из способов повышения эффективности ремонтного производства - применение агрегатного метода ремонта, позволяющего расчленить процесс ремонта машины на заводское восстановление агрегатов и демонтажно-монтажные работы в полевых условиях. Этот метод достаточно широко используется для ремонта экскаваторов, бульдозеров, автогрейдеров, бурильных и сваебойных машин, трубоукладчиков, путевых машин и т.п. Во время Великой отечественной войны этот метод широко применялся при ремонте танков и самолетов в полевых условиях.

Теоретические основы этого метода применительно к строительной технике были заложены еще академиком Н.Г.Домбровским, наиболее полные рекомендации по организации ремонта этим методом были даны в работе С.Е.Ровкаха и В.П.Кушнера [80]. Практические рекомендации по применению агрегатного ремонта в строительстве были даны в 70-е годы в нормативных документах Госстроя СССР и Минтрансстроя. Дальнейшее развитие теории и практического применения этого метода на транспортном строительстве приведено в работах Н.Г. Гаркави, О.А. Бардышева, В.Г. Тайца, И.А. Беркута, А.М. Ратнера и других [11, 13, 15, 48].

Агрегатный метод позволяет резко сократить время нахождения машины в ремонте и уменьшить объем транспортных операций. Это особенно важно в условиях транспортного и трубопроводного строительства в северных районах и Сибири, где доставка полнокомплектных машин в ремонт и из него из-за плохих дорожных условий является сложной задачей. Увеличение в этом случае выработки машин с лихвой покрывает удорожание

ремонта, вызываемое более низким уровнем механизации ремонтных работ по сравнению с заводскими условиями, и увеличением затрат на заработную плату за счет командировочных расходов и других дополнительных оплат.

Под понятием «агрегат» понимают составную часть машины, состоящую из совокупности узлов и деталей и выполняющую законченную функцию. Особенность агрегата – возможность его демонтажа при ремонте независимо от других агрегатов, а также восстанавливаться и регулироваться независимо от других частей машины. Следовательно, должно обеспечиваться одно из основных требований ремонтопригодности машин – блочность.

Понятие «узел» предусматривает часть машины, состоящую из нескольких соединенных между собой деталей и имеющую определенное функциональное назначение. Например, редуктор в сборе – это агрегат, а входящий в него вал с установленными на нем шестернями и подшипниками – это узел. Некоторые авторы не согласны с этими определениями и считают, что эти понятия одно и то же. Вместе с тем следует иметь в виду, что грань между понятиями – законченность функционального назначения, поэтому в дальнейшем будем придерживаться приведенных выше определений.

Проведение ремонта в полевых условиях – на месте работы машины или в пункте развертывания подвижных мастерских – позволяет избежать транспортировки всей машины в ремонт, что очень важно при работе техники в удаленных районах и при затруднении с транспортом, например, на таких стройках, как БАМ, Тихоокеанская железная дорога, магистральный газопровод Сила Сибири и др. Восстановление агрегатов на ремонтных заводах или в ЦРММ строек позволяет повысить качество ремонта.

Ремонт агрегатным методом дает возможность поддерживать более высокий коэффициент технической готовности парка машин за счет сокращения простоя машин в ремонте в 4-6 раз. Это происходит потому, что простой техники в ремонте сводится в основном к времени на выполнение

демонтажно-монтажных работ по замене агрегатов и регулировочные работы.

За счет уменьшения распыления запасных частей по мелким складам и более полного использования ресурса деталей расход запасных частей в стоимостном выражении уменьшается на 10-12%. Сокращаются возимые комплекты запасных частей в строительных организациях, появляется возможность восстановления деталей при ремонте агрегатов, что снижает стоимость ремонта.

Разделение ремонта на два этапа позволяет с одной стороны уменьшить объем работ, выполняемых непосредственно на машине в полевых условиях, а с другой – увеличить мощность заводов по ремонту агрегатов за счет высвобождения площадей и рабочих, занятых ранее разборкой и сборкой полнокомплектных машин. Себестоимость ремонта снижается за счет специализации ремонтников и внедрения более прогрессивных технологий при восстановлении агрегатов и входящих в них деталей.

Агрегатный метод является средством повышения надежности машин путем создания резервов вне их. Высокое значение надежности машины обеспечивается при максимальных значениях входящих в машину агрегатов.

$$P=\prod_{i=1}^{n} p_i , \qquad (5.1)$$

где p_i - надежность i-го агрегата.

Если имеется запасных единиц i-го агрегата, то надежность машины составит:

$$P=\prod_{i=1}^{n}[1-(l-p_i)^{m_i+1}] , \qquad (5.2)$$

Несложные расчеты показывают, что наличие одного запасного агрегата позволяет повысить надежность машины на 10-12%.

Несмотря на все достоинства агрегатного ремонта, он пригоден не для всех машин. На его применение накладываются ограничения технологического и организационного характера.

Технологические ограничения – машина должна состоять из отдельных блочных конструктивных элементов – члениться на агрегаты. Одинаковые агрегаты машин одной марки должны быть взаимозаменяемыми и не требовать пригоночных работ при монтаже на машину, трудоемкость работ по демонтажу и монтажу агрегата должна быть меньше, чем трудоемкость замены вышедшей из строя детали. Из технологических ограничений наибольший интерес представляет пригодность машины к агрегатному ремонту в полевых условиях, оцениваемая комплексным показателем ремонтной технологичности.

Организационные ограничения – численность парка однотипных машин должна быть достаточной для того, чтобы создание оборотного фонда агрегатов было экономически целесообразным, а также то, что должна иметься возможность индустриального восстановления агрегатов.

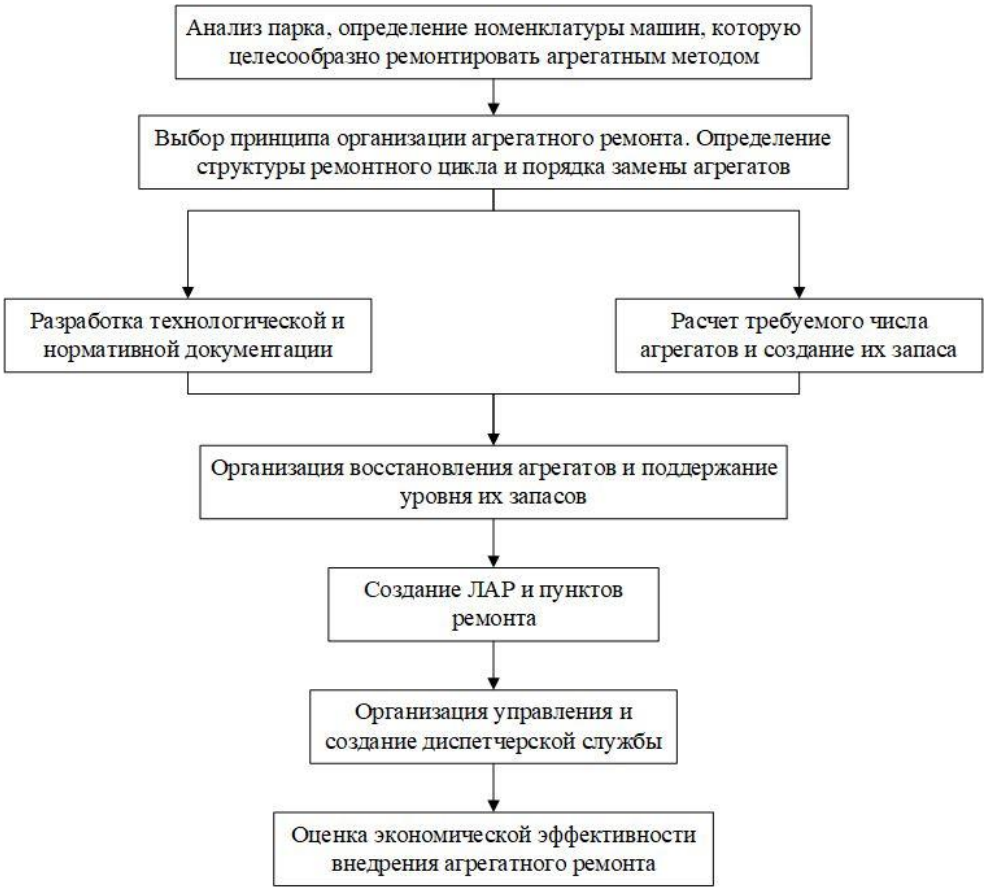


Рис. 5.1. Состав и последовательность работ по внедрению агрегатного ремонта

При определении возможности применения агрегатного метода необходимо рассматривать ряд факторов – не только пригодность машин данного типа к выполнению ремонта агрегатным методом, но и величину и территориальное размещение парка строительной техники, величину параметра потока отказов агрегатов, возможность восстановления этих агрегатов своими силами или на стороне. Наличие подвижных средств для выполнения ремонта агрегатным методом, возможность создания оборотного фонда, экономическую целесообразность организации агрегатного ремонта.

При определении возможности применения агрегатного метода необходимо рассматривать ряд факторов – не только пригодность машин данного типа к выполнению ремонта агрегатным методом, но и величину и территориальное размещение парка строительной техники, величину параметра потока отказов агрегатов, возможность восстановления этих

агрегатов своими силами или на стороне. Наличие подвижных средств для выполнения ремонта агрегатным методом, возможность создания оборотного фонда, экономическую целесообразность организации агрегатного ремонта.

Необходимо также определить, какие виды ремонта будут выполняться агрегатным методом – плановые или неплановые (заявочные), будет ли это агрегатный ремонт в чистом виде (с заменой комплекта агрегатов – фиксированного или определяемого по техническому состоянию машины) или ремонт с применением агрегатов.

При решении этих вопросов необходим системный подход, поскольку только он позволяет получить эффект от внедрения агрегатного ремонта. Преимущества агрегатного ремонта могут быть реализованы только при правильном распределении задач между звеньями системы ремонта, полном укомплектовании и своевременном возобновлении оборотного фонда агрегатов. Структура и последовательность мероприятий по внедрению агрегатного ремонта в строительных организациях показаны на рис. 5.1.

Очень важно правильно выбрать принцип проведения и организационные формы агрегатного ремонта. Существуют два принципа организации, основанные на применении одного из способов реализации системы ППР: метода стандартных ремонтов или метода периодических ремонтов.

Метод стандартных ремонтов применялся на строительстве газо- и нефтепроводов в условиях Севера. Он предусматривает замену четко определенного комплекта агрегатов через установленные сроки или наработку, которые в зависимости от технического состояния машины могут иметь отклонения до 30%. Он получил название метода плановой замены ремонтных комплектов (ПЗРК). Этот метод используется в авиации, на сроки (налет) выдерживаются четко.

Метод периодических ремонтов, применяемый на транспортном строительстве, предусматривает замену через установленное время (или

наработку) тех агрегатов, которые требуют ремонта по фактическому состоянию. Комплект агрегатов в этом случае корректируется для конкретной машины.

Первый метод обеспечивает более высокий коэффициент технической готовности парка, но более дорог, так как не полностью используется ресурс отдельных агрегатов из-за разницы в условиях работы машин. Особенно эффективно его применение пи большой концентрации строительных машин в одном месте, так как сложная организация ремонта требует четкого взаимодействия между заводами и эксплуатирующими организациями. Поэтому этот метод используется преимущественно на гидротехническом строительстве. Недостаток метода – фиксированный состав комплекта агрегатов, целесообразный для самолетов, но не учитывающий различные условия работы строительных машин. Поэтому на практике приходится корректировать состав комплектов, что создает трудности для организации ремонта.

Метод периодических ремонтов более гибок и дешевле. В комплексе с определением фактического состояния агрегатов при помощи средств технической диагностики он позволяет полностью использовать ресурс агрегатов машины. Этот метод получил наибольшее распространение как более простой по организации, позволяющий проводить агрегатным методом не только плановые, но и неплановые ремонты. В советское время на транспортном строительстве этим методом ремонтировались машины 18 типов. Применение агрегатного ремонта эти методом экскаваторов позволяет сократить простой в текущем ремонте примерно в три раза, бульдозеров в два раза.

Существует и третий метод, представляющий собой комбинацию двух рассмотренных выше и получивший название *предупредительно-восстановительного*, который применялся на энергетическом строительстве.

В рамках одной структуры применялся такой вариант агрегатного ремонта как *обменный или обменно-доставочный.* В этом случае неисправную машину, обычно требующую капитального ремонта, заменяют на капитально отремонтированную на заводе (обменный ремонт) или непосредственно на объекте работ (обменно-доставочный ремонт). Обменный фонд на заводе должен быть в пределах 3-4% числа выполняемых капитальных ремонтов. Этот метод применялся бывшими структурами Минтрансстроя и Минэнерго для тракторов Т-100М на заводах, принадлежавших эти министерствам, например, на Дарницком РМЗ Минтрансстроя.

Организационные формы проведения агрегатного ремонта в принципе можно свести к следующим четырем.

Первая схема – двухуровневая. Организации, эксплуатирующие технику, имеют непосредственную связь с РМЗ, где восстанавливаются агрегаты. На заводе создается обменный фонд агрегатов, в строительных организациях - оборотный фонд. Такая схема характерна для выполнения агрегатным методом плановых и неплановых текущих ремонтов и применялся преимущественно в лесной промышленности для трелевочных тракторов. Ее недостаток – распыление агрегатов по большому числу мест хранения, что обуславливает их низкий коэффициент использования (коэффициент оборачиваемости).

Вторая схема – трехуровневая. Она получила распространение в семидесятые годы в Минтрансстрое, Минэнерго и ряде других министерств. По ней создавалось промежуточное звено – территориальное управление механизации, выполняющее агрегатный ремонт машин строительных трестов с помощью своих подвижных средств – летучек агрегатного ремонта на автомобильной базе или в железнодорожных вагонах.

Оборотный фонд находится на балансе не эксплуатирующей организации, а управления механизации, что позволяет обслуживать им

большее количество техники и повысить коэффициент использования агрегатов. Ремонт выполняется специализированными повышает качество и производительность труда.

Третья схема бригадами, что предусматривает, что ремонтные предприятия создают за счет своего фонда промежуточные базы – обменные пункты агрегатов (ОПА) для эксплуатирующих организаций. Такая организация целесообразна при размещении парка техники на определенной площади, например, в сельском хозяйстве или лесной промышленности. В этом случае эксплуатирующие организации могут иметь ограниченный оборотный фонд или вообще обходиться без него, так как при относительно коротких расстояниях до ОПА время оборота агрегата невелико. Концентрация агрегатов на ОПА позволяет обслуживать больший парк, чем при двухуровневой схеме. В этом случае очень важна экономическая оценка целесообразности применения этой схемы, так как устройство и содержание ОПА дает дополнительную нагрузку на ремонтное предприятие.

Четвертая схема – комбинированная, в советское время получила распространение в строительных организациях Минпромстроя и Минэнерго, где техника сосредотачивалась на определенных объектах. Технику своего министерства в радиусе 100-150 км от РМЗ ремонтировали силами ремонтных летучек завода. На большие расстояния агрегаты отправлялись железнодорожным или автомобильным транспортом в управления механизации, которые выполняли демонтажно-монтажные работы своими силами с возможным привлечением специалистов завода.

Вариантов применения тех или иных схем было достаточно много. Например, на строительстве БАМа применялась комбинированная схема, при которой обменный фонд агрегатов находился в управлении механизации, а оборотные фонды – на участках. Агрегаты восстанавливались либо на заводах, либо в ЦРММ управлений механизации. Монтажно-демонтажные работы на машинах выполняли ремонтные летучки участков.

В современных условиях на больших транспортных стройках применение той или иной схемы зависит от количества применяемой техники и ее принадлежности. Например, на строительстве Тихоокеанской железной дороги от Якутии (пос. Эльга) до Охотского моря (пос. Эльга-Порт) протяженностью 531 км было сосредоточено более 550 единиц строительной техники. Дорогу в горно-таежных условиях строило частное предприятие «Эльгауголь», которое и эксплуатировало технику и организовало ее ремонт с применением агрегатного метода. Ремонтная база находилась в пос. Эльга и была совмещена с ремонтными мастерскими угольного разреза.

Для обеспечения четкого функционирования системы и взаимодействия организаций, восстанавливающих агрегаты и выполняющих агрегатный ремонт непосредственно на машинах, разрабатывается техническая документация, определяющая взаимоотношения сторон – положение об агрегатном ремонте, нормы времени, расценки, прейскурантная стоимость выполняемых работ и т.п. В положении об агрегатном ремонте указывается трудоемкость демонтажно-монтажных работ, нормативное время выполнения ремонта, время выполнения ремонта на машине, продолжительность нахождения агрегатов в заводском ремонте в днях, предусматривается состав ремонтных летучек, их оснащение, штат и табель. Разрабатывается также технологическая документация, включающая чертежи сборочных единиц, комплектовочные ведомости и технологические карты на демонтажно-монтажные работы.

Технологические карты включают порядок приемки машины от владельца, выполнения демонтажно-монтажных работ, применяемое оборудование, порядок выполнения регулировочных работ, испытание машины и сдачу машины владельцу. Также могут быть указания об порядке оформления ремонтной документации и подготовки снятых с машины агрегатов к отправке в ремонт.

На ремонтно-механических заводах составляются технологические карты на подготовку агрегатов к ремонту, разборочные работы, дефектовку деталей, технические условия на сборку и испытания агрегатов. Отдельно составляются технологические карты на реставрацию деталей, чертежи нестандартного оборудования и оснастки.

На транспортном строительстве в советское время агрегатный ремонт осуществлялся силами территориальных управлений механизации (ТУМ) и строительных трестов. Районы Севера и Сибири обслуживались четырьмя управлениями механизации: Центральным (ЦУМ) – Центр, Северо-Запад и Север Европейской части СССР; Уральским (УУМ) – Урал и частично Западная часть Сибири; Сибирским (СУМ) – охватывающим почти всю Сибирь; Восточно-Сибирским (ВСУМ), обсуживавшим преимущественно строительство БАМ и связанных с ним объектов.

Централизация агрегатного ремонта в управлениях механизации дала на практике существенные выгоды прежде всего за счет сокращения техники в простое. Так, средний простой в текущем ремонте Т-2 экскаваторов составил 6,6-8,0 суток, бульдозеров – 3,7 - 4,3 суток при плановой норме соответственно 11 и 7 суток. Простой в капитальном ремонте составил для экскаваторов 8,7-9,3 суток, для бульдозеров 4,9 – 5,6 суток при плановой норме 23 и 14 суток соответственно.

Централизация агрегатного ремонта позволяет значительно повысить оборачиваемость агрегатов, что уменьшает необходимые затраты на создание оборотного фонда, организовать промышленное восстановление части агрегатов на заводах и в ЦРММ управлений механизации, улучшить качество ремонта благодаря специализации ремонтников и применения специализированного оборудования, снизить стоимость ремонта.

Управления механизации (ТУМ) охватывали агрегатным ремонтом преимущественно наиболее массовые машины – бульдозеры, экскаваторы, автогрейдеры, самоходные катки, ряд путевых машин. Расширение

номенклатуры ограничивалось отсутствием агрегатов на ряд машин, особенно на новые модели, отсутствием технической документации на агрегатный ремонт, проблемами с централизованным восстановлением агрегатов, экономической нецелесообразностью организации агрегатного ремонта тех или иных машин в масштабах территориального управления механизации.

В северных районах доступность ремонтной базы ряда территориальных управлений механизации (УУМ. СУМ) существенно снижается, что в ряде случаев сводит на нет преимущества выполнения их силами агрегатного ремонта. Поэтому работавшие на Севере строительные организации зачастую организовывали агрегатный ремонт своими силами, в том числе техники, которую не ремонтировали ТУМ, например, бурильных машин.

Интересен опыт организации агрегатного ремонта на строительстве БАМа при его длине 3145 км [15]. На Западном участке агрегатный ремонт организовывало Сибирское УМ с использованием агрегатов, получаемых с Тайшетского и Новосибирского заводов треста «Трансстройпром». Начинался Западный участок от г. Тайшет, где имелась возможность хорошей связи с заводами по получению агрегатов и использованию возможностей этого города. Центральный участок базировался на город Тында с населением 5 тысяч человек и отсутствием промышленной базы, расстояние до заводов более 2000 км, что затрудняло снабжение агрегатами. Поэтому ВСУМ организовало дополнительно свою базу по восстановлению агрегатов в Шимановске и Тынде. В 1976 г ля ремонта двигателей была разработана специализированная мастерская для капитального ремонта дизельных двигателей, размещавшаяся в трех крытых четырехосных вагонах. В 1979 г для ремонта двигателей и агрегатов бульдозеров и экскаваторов были смонтированы в Тынде инвентарные быстромонтируемые здания мастерских, куда были переведены мастерские из железнодорожных вагонов.

Мастерские позволяли восстанавливать такие агрегаты экскаваторов Э-652Б, Э-1252Б как рабочее оборудование, лебедки, поворотные платформы, редуктора, ходовые тележки, позднее начали восстанавливать гидравлические насосы, гидрораспределители и гидроцилиндры экскаваторов ЭО-4121А, ЭО-5122, HD-1500 и другое гидрооборудование, в том числе импортных бульдозеров, буровых машин БТС-150 и др.

Для демонтажно-монтажных работ ВСУМ располагал шеф-монтажными летучками на автомобильном и железнодорожном ходу. Летучки на автомобильном ходу (в их состав входили автомобильный кран грузоподъемностью 6,3-16 т и автомобиль с полуприцепом для перевозки агрегатов) обслуживали Центральный участок к западу от г. Тында. Летучки на железнодорожном ходу в составе крытого вагона-мастерской, платформы для перевозки агрегатов и автомобильного крана обслуживали Восточный участок.

Особенностью организации агрегатного ремонта силами ВСУМ было создание опорных пунктов по трассе магистрали – в Дипкуне, Ларбе и др. В этих опорных пунктах были предусмотрены сборно-разборные помещения для ремонта техники зимой и складирования агрегатов. На опорных пунктах строительные организации обменивали неисправные агрегаты на отремонтированные силами ВСУМ или на заводах. Замену комплектов агрегатов на машинах выполняли силами строительных организаций.

Строительные тресты и управления механизации выполняли агрегатным методом текущие ремонты собственными силами на базе агрегатов, восстанавливаемых как силами ВСУМ, так и в собственных ЦРММ преимущественно техники, не входящей в номенклатуру ВСУМ или СУМ.

5.2. Выбор номенклатуры машин, ремонтируемых агрегатным методом

Преимущества агрегатного ремонта могут быть реализованы только при обоснованном выборе восстанавливаемой этим методом техники, рациональном распределении задач между уровнями системы ремонта, созданием и своевременным восстановлением оборотного фонда агрегатов.

Вопрос о выборе номенклатуры машин, ремонтируемых агрегатным методом собственными силами, возникает при ограниченных ресурсах, выделяемых для создания оборотного фонда агрегатов, и возможностью ремонтных средств для из восстановления. Если агрегаты частично или полностью могут восстанавливаться на заводах, лимитирующими могут оказаться возможности подвижных ремонтных средств. То есть из обширной номенклатуры машин необходимо отобрать те машины, восстановление которых агрегатным методом в рассматриваемой ситуации дает наибольший технико-экономический эффект.

В этом случае нужно учитывать, как технологические и организационные факторы, так и важность рассматриваемых машин в выполнении строительных работ в данный промежуток времени. Последнее имеет немаловажное значение. Например, при пересечении трассой БАМа Буреинского хребта на отдельных участках скальных полок и выемок плотность бурильных машин БТС-150 составляла 12-18 шт/км, что заставило строителей принять экстренные меры по организации ремонта машин БТС-150 агрегатным методом, а с выходом трассы в долину р. Амгунь объем буровых работ сократился до минимума, срочность в восстановлении машин резко упала, зато лимитирующими стали гидравлические экскаваторы, на агрегатный ремонт которых были переориентированы ремонтные средства.

Из технологических факторов наиболее важную роль играет приспособленность машин к агрегатному ремонту, оценка которой может

быть сделана на основе изучения технологичности машин при ремонте. Количественно она может оцениваться суммарной трудоемкостью работ G_{ij} по замене комплектов агрегатов при различных *j*-ых видах ремонтов или математическом ожидании трудоемкости устранения отказа $M(G_i)$.

Под технологичностью при ремонте, как составляющей ремонтопригодности машин, понимают свойство конструкции машин и их конструктивных элементов (деталей, узлов, агрегатов), Характеризующее их приспособленность к ремонтным работам, осуществляемым с целью восстановления их работоспособности и ресурса.

Технологичность при ремонте оценивает следующие свойства машины и ее элементов: контролепригодность, доступность, легкосъемность, блочность, взаимозаменяемость и восстанавливаемость. С точки зрения пригодности машины к агрегатному ремонту наибольший интерес представляют блочность конструкции, доступность, легкосъемность и взаимозаменяемость.

Следовательно, пригодной для ремонта агрегатным методом с точки зрения технологичности при ремонте следует считать такую машину, которая позволяет расчленять ее на самостоятельные элементы (агрегаты и узлы), обеспечивает жесткость базирования этих элементов при демонтаже и монтаже, простоту разборки, сборки и регулировки механизмов без применения сложного технологического оборудования. Машина должна иметь максимальную унификацию конструктивных элементов, должна быть взаимозаменяемость агрегатов однотипных машин без подгонки, обеспечивающую однотипность ремонта. Это качественная оценка.

Для количественной оценки приспособленности используемых на транспортном строительстве машин к выполнению ремонт агрегатным методом в полевых условиях могут быть использованы следующие показатели: удобство доступа к объекту ремонта; затраты времени и трудоемкость работ по замене агрегатов машины в полевых условиях;

среднестатистический срок службы агрегата или вероятность его отказа за время *t*; масса снимаемых агрегатов; минимальное число рабочих, участвующих в работах по замене агрегатов; число единиц типовой и специальной технологической оснастки, используемой при замене агрегата.

Для количественной оценки ремонтной технологичности машин с точки зрения их пригодности для восстановления агрегатным методом может быть использован математический аппарат теории графов.

При этом удобство доступа к неисправным агрегатам устанавливают путем анализа взаимного расположения и связей узлов и агрегатов в машине. Определение последовательности разборочных работ, которые необходимо выполнить для открытия доступа к неисправному агрегату, может быт осуществлено построением направленного графа доступа, вершины которого обозначают окончание работ по снятию узла или агрегата, а ориентированные ребра (дуги) показывают последовательность разборочных работ.

Корневую вершину графа, показывающую начало разборки, обозначают нулем (машина в сборе). Следующие вершины обозначают номером. Первая цифра которого характеризует очередность выполнения демонтажных работ, а вторая – порядковый номер агрегата в очереди. Разбивка на очереди позволяет упростить анализ графа. В первую очередь включаются работы по снятию узлов и агрегатов, которые могут быть демонтированы независимо от других узлов и агрегатов или закрывают доступ к ним. Во вторую очередь включаются узлы и агрегаты, снятие которых возможно только после демонтажа агрегатов первой очереди.

Вершины графа могут включать различное число показателей. Наиболее полные сведения о ремонтной технологичности машины может дать построение графа, циклограмма которого показана на рис. 5.2 а. В центре циклограммы указан номер вершины, а в секторах I – IV приводится следующая информация: масса агрегата; трудоемкость снятия агрегата; число

рабочих, занятых на его демонтаже; число одновременно снимаемых агрегатов; среднестатистический срок службы; информации о необходимом инструменте и приспособлениях. На основании такого графа можно получить полную количественную характеристику технологичности машины.

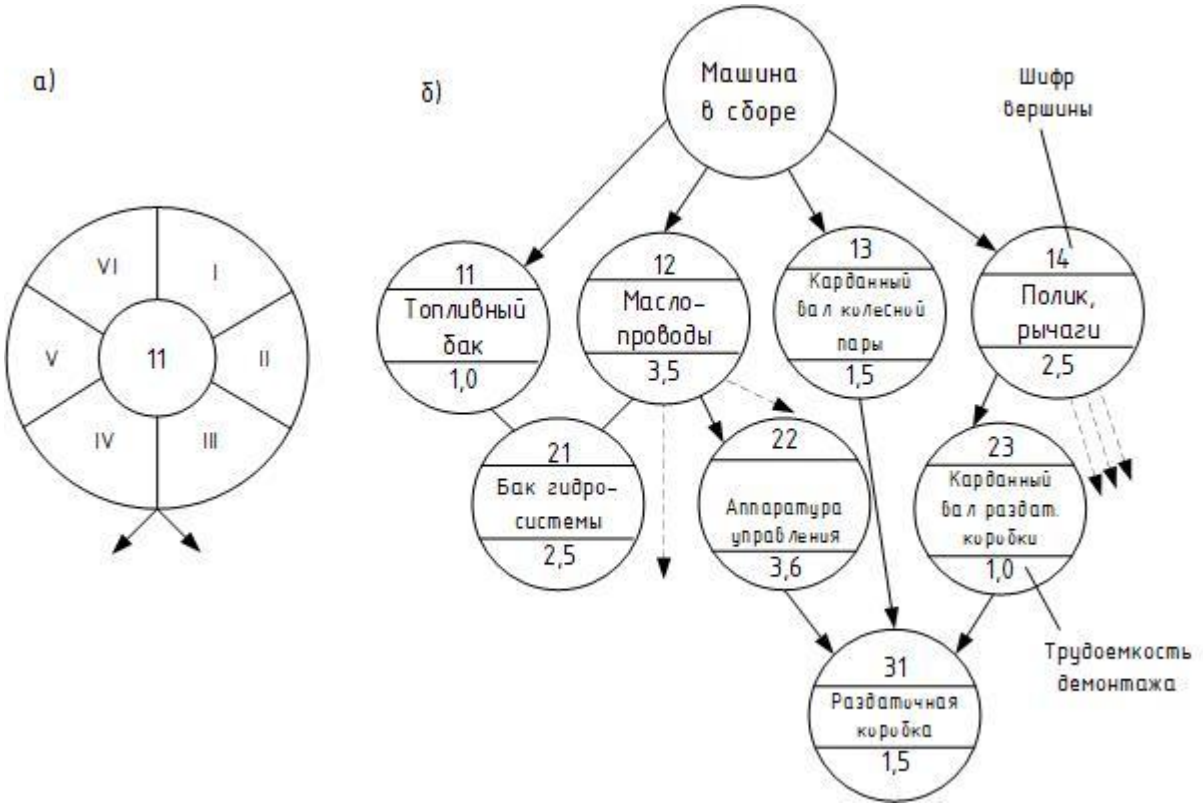


Рис. 5.2. Циклограмма (а) и граф доступа для шпалоподбивочной машины ШПМА-4К

Составить такой граф можно только при наличии большого числа данных, которые не всегда можно получить при оценке ремонтной технологичности машины, да и не все эти данные необходимы для практической работы.

На практике для оценки пригодности серийных машин к ремонту агрегатным методом возможно составление частичного графа доступа, показывающего порядок демонтажных работ и их трудоемкость. Пример

элемента такого графа доступа для шпалоподбивочной машины ШПМА-4К показан на рис. 5.2 б.

Доступность к неисправному узлу оценивают двумя величинами: весом (степенью) вершины и трудоемкостью работ по демонтажу. Трудоемкость демонтажа узла в чел-ч показана нижней цифрой в кружке. Для оценки ремонтной технологичности в этом случае составляют матрицу смежности (табл. 5.1), по которой определяют степень вершины, т.е. число узлов и агрегатов, которое необходимо снять перед демонтажом ремонтируемого агрегата, и трудоемкость операции.

Таблица 5.1. Матрица смежности для машины ШПМА-4К

№ узла, агрегата	11	12	13	14	…	31	Степень верш.	Трудоемкость демонтажа и операции			
								1	2	3	
11							0	11/1,0			1,0
12							0	12/3,0			3,0
13							0	13/1,5			1,5
14							0	14/2,5			2,5
21	1	1					2	11,12/1,4	21/2.5		3,9
22		1					1	12/1,6	22/3,6		5,2
23				1			1	14/2,5	23/1,0		3,5
31		1	1	1			5	12,13,14	22,23	31/1,5	8,4
								4,5	2,4		
Пв	1	6	2	8		0					

В графе доступа указывается полная трудоемкость демонтажа агрегатов и элементов машины, что характерно для капитального ремонта. При замене агрегата в полевых условиях не производят полную разборку машины, снимают только те элементы, которые затрудняют доступ к неисправному агрегату. Поэтому в матрице смежности при расчете трудоемкости демонтажа агрегата указывается только трудоемкость (g_i) тех работ, которые должны быть выполнены в данном конкретном случае. Например, если трудоемкость демонтажа трубопроводов гидравлики ШПМА-4К составляет 3,5 чел-ч, то для снятия раздаточной коробки

необходим только такой объем демонтажа трубопроводов, трудоемкость которого равна 0,4 чел-ч.

Важный показатель – полустепень исхода вершины Пв, которая характеризует количество элементов машины, к которым открывается доступ после снятия определенного узла или агрегата. Чем больше полустепень исхода вершины, тем меньше должны быть время и трудоемкость снятия узла, чтобы обеспечит быстрый демонтаж последующих элементов.

Совершенной с точки зрения ремонтной технологичности будет машина с наименьшей степенью вершины и большим числом вершин с нулевой степенью. В этом случае доступ к узлам и агрегатам будет сравнительно легким. Этому требованию, например, отвечает большинство современных гидравлических экскаваторов, конструкция которых обеспечивает хороший доступ к большинству узлов и агрегатов.

Учет одного только фактора доступности для определения возможности ремонта машины агрегатным методом не будет достаточным. Существенными факторами являются трудоемкость снятия узла, а также показатели надежности, например, среднестатистический срок службы.

Агрегаты с большим среднестатистическим сроком службы могут иметь и относительно большую степень вершины, например, 5-7, так как вероятность их демонтажа при выполнении текущего ремонта агрегатным методом в полевых условиях не высока. В то же время агрегаты с наименьшей надежностью должны иметь малую степень вершины, например, 0-2.

Для иллюстрации вышеприведенных соображений: для приведенной выше шпалоподбивочной машины ШПМА-4К агрегатным методом целесообразно выполнять или текущий ремонт, или замену отдельных агрегатов при отказах – двигатель, цилиндр сжатия подбоек или подбивочный блок в целом, гидронасос, распределитель и др. Доступность этих элементов обеспечивается. Для указанных элементов имеется

наибольшая вероятность отказа, а отказ раздаточной коробки на этой машине явление достаточно редкое. Чаще всего выходят из строя уплотнения гидроцилиндра сжатия подбоек благодаря дополнительной нагрузки от вибрации, наличие запасных гидроцилиндров позволяет быстро устранить дефект. Эта операция требует относительно небольших затрат при консольном расположении подбивочного блока у машины ШПМА-4К. У предшественника этой машины – ШПМА-4 подбивочный блок находился в середине машины, и для замены гидроцилиндра приходилось разбирать половину машины.

При выполнении агрегатным методом неплановых ремонтов А.В.Скрыльниковым предложено рассматривать математическое ожидание трудоемкости устранения отказа $m(Q_j)$

$$m(Q_j) = \bar{t}_j \sum_{i=1}^{n} f_i \bar{g}_i , \qquad (5.3)$$

где t_j наработка на отказ машины j-го вида, ч; f_i - параметр потока отказов, единица/ч; g_i - средняя трудоемкость устранения отказа i-го агрегата, чел-ч; n - число типов агрегатов на машине.

Лучшую ремонтную технологичность будет иметь машина с наименьшей $m(Q_j)$.

Предварительный анализ парка машин с помощью рассмотренных методов позволяет определить оптимальную номенклатуру для ремонта агрегатным методом. Работа по оценке пригодности машины для восстановления агрегатным методом в полевых условиях с точки зрения ремонтной технологичности выполняется один раз. Этот фактор мало зависит от конкретных условий выполнения ремонта и в то же время является определяющим при решении вопроса о выборе машин, которые могут восстанавливаться агрегатным методом.

Работа по оценке пригодности машины для восстановления агрегатным методом в полевых условиях с точки зрения ремонтной технологичности

выполняется один раз. Этот фактор мало зависит от конкретных условий выполнения ремонта и в то же время является определяющим при решении вопроса о выборе машин, которые могут восстанавливаться агрегатным методом.

Из организационных факторов необходимо учитывать величину парка однотипных машин, определяющих целесообразность создания оборотного фонда, возможность восстановления агрегатов на стороне или в своих ЦРММ, наличие технической документации на агрегатный ремонт (технологические карты, прейскуранты и др.), возможность формирования и технического оснащения бригад для выполнения ремонта на объектах работ.

Если рассмотреть состав смешанного парка машин генподрядной организации, формируемого для строительства железной дороги или ее участка в условиях Севера, с точки зрения возможности применения агрегатного ремонта, то следует учитывать, что не все машины целесообразно ремонтировать этим способом. Важное значение имеет величина парка однотипных машин. Наибольшее количество однотипной техники – машины для земляных работ. Это гидравлические экскаваторы, бульдозеры, автогрейдеры, самоходные и прицепные катки, бурильные машины, котлованокопатели, автосамосвалы и думперы. Для строительства искусственных сооружений массово используются грузоподъемные краны различных типов, оборудование для бетонных работ, сваебойное оборудование, водоотливные средства и т.п, часть этой техники может рассматриваться как пригодное для ремонта агрегатным метолом. Техника для строительства верхнего строения пути – путеукладчики, балластеры, подбивочно-выправочные машины, железнодорожные краны обычно арендуются у путевых машинных станций ПАО РЖД, которые и осуществляют их эксплуатацию и ремонт.

При определении номенклатуры машин, восстанавливаемых агрегатным методом, используется квалиметрический поход, позволяющий

суммарно оценить машины по отдельным показателям. Для этого составляется матрица a_{mj} (табл. 5.2), в которую в случайном порядке заносятся все машины рассматриваемой организации, за исключением тех, которые обслуживаются и ремонтируются субподрядчиками. Факторы, влияющие на целесообразность организации агрегатного ремонта, оцениваются по балльной системе с привлечением соответствующих экспертов.

Все рассматриваемые факторы можно условно разделить на две группы – основные и вспомогательные. К основным относятся пригодность машин к агрегатному ремонту, и целесообразность создания оборотного фонда в зависимости от величины парка однотипных машин. Эти факторы являются определяющими и должны оцениваться таким образом, чтобы исключить или резко уменьшить вероятность неправильного выбора.

Таблица 5.2. Матрица выбора номенклатуры машин для агрегатного ремонта

Вид машины	Число машин в парке	Значение оценочного фактора a_{ij}							$\sum a_{ij}$	Приоритет
		1	2	3	4	5	6	7		
B_1	n_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	a_{16}	a_{17}	$\sum a_{1j}$	P_1
B_2	n_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	a_{25}	a_{26}	a_{27}	$\sum a_{2J}$	P_2
….	…	…	…	…	…	…	…	…	.....	
B_m	n_m	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}	a_{m4}	a_{m5}	a_{m6}	a_{m7}	$\sum a_{mj}$	P_m

В связи с этим пригодность машины к агрегатному ремонту (фактор 1) – ее технологичность при ремонте – может оцениваться в 0,2,4,6 баллов в зависимости от степени членимости машины на агрегаты, конструктивной законченности, доступности и легкосъемности агрегатов, удобства их демонтажа и монтажа, регулировки и т.п.

Целесообразность создания собственного оборотного фонда (фактор 2) оценивается в зависимости от величины парка однотипных машин по системе трех баллов: 0 – при парке свыше 8 машин; 2 – при наличии 5-8 машин; 4 – в случае, если имеется 4 или менее машин.

Вспомогательные факторы оцениваются по двухбалльной системе: 0 при благоприятном случае и 1 при неблагоприятном. К их числу относятся: 3 – важность машины для выполнения работ в рассматриваемом году или периоде; 4 – сложность получения агрегатов для создания собственного оборотного фонда; 5 – возможность восстановления агрегатов на стороне или в собственных ЦРММ; 6 – наличие технической документации на агрегатный ремонт; 7 – наличие в машине невзаимозаменяемых узлов. Оценка факторов осуществляется по имеющимся материалам или методом экспертных оценок.

Суммирование баллов позволяет ранжировать машины по степени целесообразности организации агрегатного ремонта, определяемого величиной приоритета – коэффициента

$$k = \sum_{j=1}^{7} a_{ij} \ , \qquad (5.4)$$

Верхний предел k по данной методике оценки равен 5, т.е при k равном или более 6 агрегатный ремонт данного типа машин для рассматриваемого парка нецелесообразен. Такое значение критерия определяется выбором системы оценок и, как показали проверочные расчеты, себя оправдывает. При k= 0…1 практически нет препятствий для организации агрегатного ремонта данной машины; k = 2…3 показывает, что агрегатный ремонт данной машины должен выполняться во вторую очередь, а при k = 4…5 машину следует считать ограниченно годной для этого вида ремонта. При равенстве значений k у нескольких машин приоритет получает та, у которой первая оценка 1 во вспомогательных факторах находится дальше от начала, так как в матрице эти факторы ранжированы по степени их значимости.

Кроме данной методики упорядочение машин в матрице может быть выполнено с помощью аппарата теории графов применительно к известной задаче о лидере, имеющей стандартное машинное решение. Однако в этом случае получаются худшие результаты, так как при составлении вторичных матриц теряется часть информации, заложенной в первичную матрицу.

Данная методика не может дать 100% гарантии правильности сделанного выбора, но во многом облегчает работу и, приводя в систему все за и против, позволяет всесторонне обосновать принятое решение.

Таблица 5.3. Матрица || aij || для парка машин

№№ п/п	Вид машины	Число машин в парке	Фактор							Приоритет k
			1	2	3	4	5	6	7	
1	B1	2	0	4	0	0	1	1	0	6
2	B2	17	0	0	0	0	0	0	0	0
3	B3	9	0	0	0	0	0	0	1	1
4	B4	2	0	4	0	1	1	1	0	7
5	B5	6	0	2	0	1	1	1	0	5
6	B6	10	2	0	1	1	1	0	0	5
7	B7	54	0	0	0	0	0	0	0	0
8	B8	8	0	2	1	0	0	0	0	3
9	B9	22	0	0	0	0	1	1	0	2
10	B10	16	0	0	0	0	0	0	0	0
11	B11	4	2	4	0	1	1	0	0	8
12	B12	6	0	2	0	1	1	0	0	4
13	B13	12	0	0	0	0	1	1	0	2
14	B14	13	0	0	0	0	1	1	0	2
15	B15	6	0	2	0	0	1	1	0	4

Оценку номенклатуры ремонтируемых агрегатным методом машин с помощью задачи о лидере можно представить следующим образом на примере генподрядной организации со смешанным парком. В таблицу 5,3 не включены электростанции и машины в единичном экземпляре. Например, машины B1-B4 – экскаваторы различных типов, машины B5-B8 – бульдозеры, B9 – бурильные машины, B10-B12 – путевые машины, B13-B14 - грузоподъемные краны, B15 – компрессоры.

На основании анализа табл. 5.3 целесообразно ремонтировать агрегатным методом следующие машины:

I очередь: В2(k=0) В3(k=1) В7(k=0) В10(k=0);

II очередь: В8(k=2) В9(k=2) В13(k=2) В14(k=2);

III очередь: В5(k=5) В6(k=5) В 12(k=4) В15(k=4).

Для выявления окончательного порядка ремонта машин различных типов строится вспомогательная матрица (табл. 5.4). В ней исключаются машины первой очереди и отбрасываются факторы 1 и 2, так как решение о ремонте их агрегатным методом уже принято. Машины в матрице располагаются по мере увеличения *k*, также по значимости располагаются и факторы a_{ij}.

Таблица 5.4. Вспомогательная матрица

№№ п/п	Вид машины	Фактор					Приоритет k
		3	4	5	6	7	
1	В8	0	0	0	0	0	2
2	В9	0	0	1	1	0	2
3	В13	0	0	1	1	0	2
4	В14	1	0	1	1	0	3
5	В12	0	1	1	0	0	4
6	В15	0	0	1	1	0	4
7	В5	0	1	1	1	0	5
8	В6	1	1	1	0	0	5

Анализ вспомогательной матрицы дает следующую окончательную расстановку машин, ремонт которых агрегатным методом целесообразен, по приоритету.

I очередь - В2, В3, В13, В6;

II очередь - В8, В9, В13, В14;

III очередь - В15, В6, В12, В5.

Следует отметить, что определение рациональной номенклатуры не говорит о том, что эти машины будут обязательно ремонтироваться агрегатным методом. Существуют и другие ограничения – финансовые и

технические, которые могут изменить порядок расстановки машин в очередях или сократить номенклатуру, но в целом, рассмотренные выше методики позволяют обосновать выбранные решения.

5.3. Оптимизация состава комплекта агрегатов

Агрегатным методом могут выполняться плановые и неплановые ремонты. При неплановых текущих ремонтах состав заменяемых агрегатов величина случайная. Замена агрегатов и узлов при отказах сокращает время восстановления машины, но имеет и свою отрицательную сторону – к моменту планового ремонта на машине оказываются агрегаты с различным ресурсом.

При плановых ремонтах применяют замену комплекта агрегатов, заменяемых с возможным отклонением по времени от нормативного срока в пределах 20…30%. То есть применяется метод стандартных ремонтов, который также называли методом плановой замены ремонтных комплектов – ПЗРК. По другому варианту применяется плановый состав комплекта, который уточняется по техническому состоянию машины механиком, проводившим осмотр машины перед выводом ее в ремонт. В этом случае сроки замены комплекта агрегатов выдерживаются со значительно меньшими отклонениями. Этот метод нашел большее распространение как более гибкий и менее затратный. Проблема состоит в определении оптимальных сроков замены комплекта агрегатов и состава этих комплектов.

Практика показывает, что в обоих случаях наблюдается значительно отклонение от нормативного комплекта агрегатов, вызванное разницей в техническом состоянии агрегатов к моменту планового ремонта при эксплуатации машин в различных условиях и при установке при ремонте агрегатов с различным ресурсом.

Так, по данным УУМ при ремонте Т-2 (примерно СР) экскаваторов ЭО-4121А, работавших на севере Урала и Западной Сибири, из нормативного комплекта заменялось 91,4 % тележек, 77% двигателей, 75% 4-х секционных распределителей, 50% гидроцилиндров стрелы, 22,7 гидроцилиндров рукояти, а сверх нормативного комплекта заменялась стрела основная – 54,55, стрела промежуточная -40,9%, рукоять -18,2%. Аналогичная картина наблюдалась по бульдозеру ДЗ-27, когда при ремонте Т-2 из комплекта заменялось 86% двигателей, 90% гусеничных лент, 49,7% муфт сцепления. 37,6% тележек, а вне комплекта менялись коробка перемены передач -16,7%, радиаторы -20,8% и другие агрегаты.

Подобная картина наблюдалась и при ремонте методом ПЗРК. Поскольку комплект агрегатов является плановой единицей при определении мощности и загрузки ремонтных средств, а также потребности в запасных частях, необходимо иметь более точно обоснованные ставы комплектов и периодичность их замены, которые должны корректироваться в зависимости от условий работы машин.

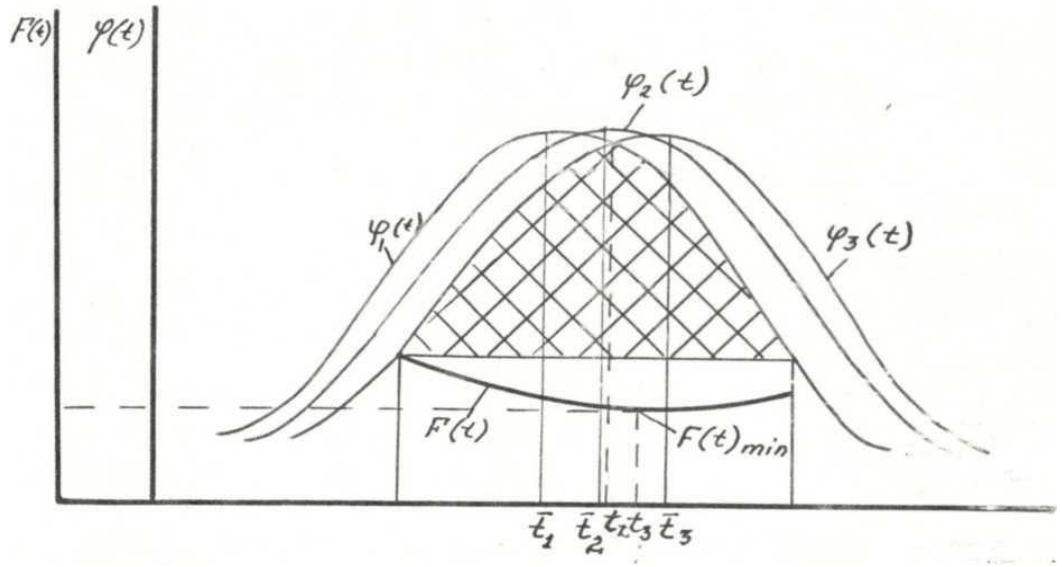


Рис. 5.3. Модель определения оптимальной периодичности замены комплекта агрегатов

$\varphi_1(t), \varphi_2(t), \varphi_3(t)$ - плотность распределения вероятности срока службы агрегата, входящего в комплект; t_1, t_2, t_3 - средняя величина наработки агрегата до отказа; t_T - технически целесообразный срок замены комплекта агрегатов; $T_з$ - периодичность замены комплекта по технико-экономическому критерию оптимальности $F(t)_{min}$

Обоснование состава комплекта агрегатов и периодичности их замены может быть выполнено на основе сбора статистики об отказах машин пр их подконтрольной эксплуатации с последующей обработкой данных на ЭВМ. Например, обработка статистики по отказам гидроагрегатов экскаватора ЭО-4121А, выполненная В.Ш.Рапопортом, показывает, что вероятность безотказной работы и параметр потока отказов распределяются по нормальному закону, что подтверждается и результатами ряда других исследований.

В этом случае представляется возможным получить область, в которой замена комплекта агрегатов с наибольшей степенью вероятности позволяет предупредить внезапный отказ машины (рис. 5.3). Оптимальная наработка машин, при которой следует планировать замену ремонтного комплекта, может быть найдена по минимальному значению технико-экономического критерия оптимальности:

$$F(t) = \sum_{h=1}^{m} P_h(t) \cdot R_h + R_k \prod_{h=1}^{m} (1 - P_h(t) \to \min , \qquad (5.5)$$

где $P_h(t)$ - вероятность отказа h-го агрегата при наработке t часов; $P_h(t)$ - вероятность нахождения h-го агрегата в работоспособном состоянии при наработке t часов; R_h и R_K штрафы за простой машины соответственно при замене агрегата после его отказа и при замене комплекта агрегатов с учетом стоимости заменяемых агрегатов.

Минимум функции $F(t)$ находят, назначая величину t внутри заштрихованной области через равные интервалы. Минимальное значение функции $F(t)$ даст оптимальный срок замены комплектов агрегатов.

Величина штрафов может быть представлена временем простоя машины в ремонте или возможной выработкой машины за это время.

Обработка статистики одновременно позволяет получить и оптимальный комплект агрегатов исходя из назначаемого уровня надежности машины после планового ремонта.

5.4. Распределение выполнения ремонтов по исполнителям

Задача распределения ремонтов по исполнителям обычно решается аппаратом главного механика без ее оптимизации, что может вести или к недогрузке ремонтных средств, или к продолжительному простою техники в ремонте. В то же время для большинства машин выигрыш от сокращения их простоя в ремонте, особенно, если эти машины являются ведущими в комплексе, например, экскаваторы. В этом случае целевой функцией, оптимизирующей распределение ремонтов по исполнителям, может быть минимум суммарного простоя техники в системе ремонта во всех ее звеньях.

Рассмотрим систему ремонта, состоящую из S уровней. Фонд рабочего времени r -го уровня системы ($r=1,2…S$) равен W_r. Потребность в j–ом виде ремонта i-ой машины на планируемый период равна a_{ij} ($i=1,2…n$, $j=1,2…m$)

Критерием эффективности будет минимум простоя T_{ijr} для i-ой машины в j–ом виде ремонта в r–ом уровне системы.

Задача состоит в том, чтобы при заданных значениях мощности уровней системы W_r, потребности в ремонте a_{ij} и простоя T_{ijr} машины в ремонте найти такой план ремонта, при котором суммарное значение простоя машины было бы минимальным.

Для составления такого плана воспользуемся методикой транспортной задачи линейного программирования, как наиболее простой. План строится в матричной форме (рис.5.4). Для удобства оперирования с ремонтами различной трудоемкости выражаем их в виде условных единиц. За условную

единицу принимаем трудоемкость текущего ремонта одной из машин, имеющих большую численность в парке.

r / ij	1	2	...	S	$\sum x_{ijr}$
11	T_{111} x_{111}	T_{112} x_{112}	...	T_{11s} x_{11s}	a_{11}
12	T_{121} x_{121}	T_{122} x_{122}	...	T_{12s} x_{12s}	a_{12}
13	T_{131} x_{131}	T_{132} x_{132}	...	T_{13s} x_{13s}	a_{13}
14	T_{141} x_{141}	T_{142} x_{142}	...	T_{14s} x_{14s}	a_{14}
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
nm	T_{nm1} x_{nm1}	T_{nm2} x_{nm2}	...	T_{nms} x_{nms}	a_{nm}
$\sum x_{ijr}$	b_1	b_2	...	b_s	$\sum a_{ijr}$ / $\sum b_r$

Рис. 5.4. Матрица транспортной задачи для расчета плана выполнения агрегатных ремонтов

В углах рабочих клеток даются значения критерия эффективности – время T_{ijr}. Нецелесообразность выполнения ремонта данного вида в каком-либо из уровней (бесконечное время ремонта) обозначается в матрице знаком ∞, а при заполнении типовой матрицы транспортной задачи – числом 999.

Целевая функция:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{r=1}^{z} x_{ijz}T_{ijz} \to \min, \qquad (5.6)$$

Ограничения:

1. $x_{111}+x_{112}+\ldots+x_{11S} = a_{11}$

   $x_{121}+x_{122}+\ldots+x_{12S} = a_{12}$

   $x_{131}+x_{132}+\ldots+x_{13S} = a_{13}$

   $x_{141}+x_{142}+\ldots+x_{14S} = a_{14}$

   $x_{nm1}+x_{nm2}+\ldots+x_{nmS} = a_{nm}$

2. $x_{111}+x_{121}+\ldots+x_{nm1} = b_1$

   $x_{112}+x_{122}+\ldots+x_{nm2} = b_2$

   ……..

   $x_{11S}+x_{11S}+\ldots+x_{nmS} = b_S$

3. $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} a_{ij} \le \sum_{r=1}^{s} b_z$

где b – возможности данного уровня системы ремонта в условных единицах.

Таким образом, наложенными ограничениями устанавливается, что все ремонты должны выполняться полностью, при этом не допускается превышение возможностей ремонтных органов. Задача решается на любой ЭВМ, для которой имеется стандартная программа транспортной задачи.

Для составления плана ремонта в матричной форме принимаются следующие обозначения:

i = 1, 2…, n

j = 1, 2…m, m = 6

1 – текущий ремонт Т-2 агрегатным методом;

2 – текущий ремонт полнокомплектной машины;

3 – капитальный ремонт агрегатным методом;

4 – капитальный ремонт полнокомплектной машины;

5 – ремонт комплекта агрегатов для Т-2;

6 – ремонт комплекта агрегатов для капитального ремонта.

r = 1, 2…S, S = 4

1 – летучки агрегатного ремонта строительного треста;

2 – ЦРММ треста;

3 – ремонтные средства управления механизации;

4 – заводы.

Возможности ремонтных средств определяются на год. В связи с тем, что время пребывания машины в ремонте на заводе значительно больше, чем для других исполнителей ремонта, возможности завода не ограничиваются и при машинном решении обозначаются заведомо большой цифрой.

Возможности управления механизации принимаются на основе статистического анализа реализации плана ремонта за несколько лет и планируемого увеличения его мощности.

Фонд рабочего времени мастерских ЦРММ рассчитывается исходя из штатного количества и средней укомплектованности участка агрегатного ремонта.

Фонд рабочего времени летучек агрегатного ремонта (ЛАР), чел-ч:

$$W_{лар} = [mqnk_u(Vt - S)D] / fVt, \qquad (5.7)$$

где m - число ЛАР; n - число ремонтников в ЛАР; k_u – коэффициент использования ЛАР по времени; V - средняя скорость летучки, км/ч; t - продолжительность смены, ч; f - коэффициент снижения нормативной трудоемкости за счет использования средств механизации; q - фонд рабочего времени одного ремонтника; D - число рабочих дней в году.

Возможности уровней системы ремонта выражаются в условных ремонтах.

Критерии эффективности определяются исходя из средних расстояний доставки машин в ремонт и затрат времени на нее. Простой машин в ремонте принимается на основе статистических данных. После получения исходных данных составляется матрица транспортной задачи. Машинное решение трансформируют из условных единиц в реальные ремонты. Оптимальный план не всегда содержит целочисленные решения, поэтому план корректируется после получения результатов. Получение целочисленного

решения связано с существенным усложнением математического аппарата, что сводит на нет его целесообразность. В качестве варианта за критерий можно принять стоимостные показатели, но при этом существенно усложняется задача.

5.5. Опыт организации ремонта агрегатным методом

В Советском Союзе и позднее в России был накоплен большой опыт ремонта строительной техники агрегатным методом в различных министерствах и генподрядных организациях. Особенно эффективным он оказался при линейном строительстве – железных дорог, газо- и нефтепроводов, линий электропередач высокого напряжения в районах Севера и Сибири. Стоимость простоя машин в ремонте, особенно если это ведущая машина комплекса, в этих условиях существенно выше, чем в средней полосе России. Поэтому агрегатным методом выполнялись все виды ремонтов в ЦРММ и полевых условиях.

В советское время в транспортном и других видах строительства было принято три варианта организации агрегатного ремонта строительной техники. Все эти схемы предусматривали, что предприятия по ремонту агрегатов и ремонту техники в полевых условиях входили в одну структуру – министерство или главк.

1. Демонтажно-монтажные работы на машинах строительных трестов выполняли территориальные управления механизации. Агрегаты ремонтировались на заводах, силами УМ или в ЦРММ крупных трестов. Эта схема применялась для ремонта преимущественно землеройной техники.

2. Заказчиком ремонта и исполнителем демонтажно-монтажных работ являются управления механизации, ремонт узлов и агрегатов выполняют ремонтные заводы. По этому варианту ремонтировались компрессоры, шпалоподбивочные машины и т.п.

3. Заказчиком ремонта являются строительные организации, эксплуатирующие машины, Демонтажно-монтажные работы выполняли специальные участки или бригады ремонтно-прокатных баз или ЦРММ строительных трестов и управлений механизации. Агрегаты ремонтируются силами их мастерских или на заводах. Так выполнялись преимущественно ремонты Т-1 и Т-2 землеройной техники и техники на базе тракторов, автомобилей-самосвалов, компрессоров, автомобильных кранов, а также техники, имеющейся в ограниченном количестве. Кроме плановых ремонтов, эта схема применялась для выполнения неплановых ремонтов.

Для демонтажно-монтажных работ создавались передвижные мастерские – шефмонтажные летучки (ШМЛ) на базе автомобилей или на железнодорожном подвижном составе. В задачу ШМЛ входит доставка агрегатов к месту ремонта, выполнение демонтажно-монтажных работ, текущий ремонт агрегатов, замена которых не предусмотрена, сварочные работы в случае необходимости, регулировка, испытание и окраска машин, сдача их владельцу. Шефмонтажные летучки доставляют снятые агрегаты на базу управлений механизации.

Уральское и Сибирское управления механизации использовали преимущественно летучки на железнодорожном ходу. В их состав входят четырехосный вагон, где размещаются мастерская и жилые помещения для бригады, и несколько платформ, на которых перевозятся агрегаты и автомобильный кран. Оборудовании мастерской включает дизельную электростанцию мощностью 30-50 кВА, станочное оборудование – сверлильный и заточной станки, два слесарных верстака, сварочный агрегат, компрессор, комплект демонтажно-монтажных приспособлений, смазочное и окрасочное оборудование, оборудование для наружной мойки.

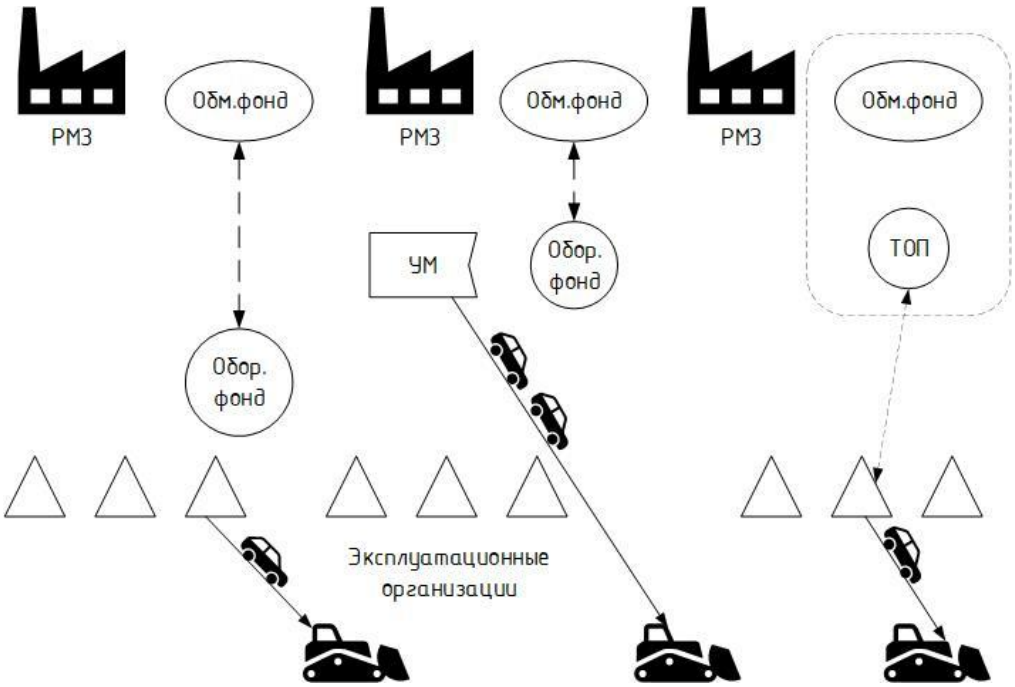


Рис. 5.5. Варианты организации ремонта агрегатным методом

В состав бригады входили механик, бригадир-сборщик, электрогазосварщик, слесарь-моторист, слесарь-монтажник, машинист крана, кладовщик-проводник. Летучки работали на станциях или разъездах на больших расстояниях от основной базы организации, преимущественно в Западной Сибири и на севере Урала. Основное достоинство их в том, что решается вопрос с размещением бригады. Недостаток – для размещения ШМЛ требуется малоиспользуемый тупик с возможностью обеспечения подъезда автотранспорта и организации ремонтной площадки. Поэтому ремонт обычно выполнялся на месте нахождения машины, для чего на ремонтную площадку доставлялись контейнеры с агрегатами, автомобильный кран и сварочный агрегат на прицепе. Настоящее время этот вариант возможен для ремонта техники, работающей на строительстве вторых путей, где имеется путевое развитие на станциях, например, на Байкало-Амурской магистрали и Тихоокеанской ж.д.

Шефмонтажные летучки на базе автомобилей использовались при относительно небольших расстояниях от основных баз (обычно до 300 км), они выполняли ремонт непосредственно на объектах или на базах

строительных участков. ШМЛ состояли из специализированной или универсальной автомобильной мастерской, автомобильного крана и автомобиля с прицепом для перевозки агрегатов. Если автомобильная мастерская оснащалась гидравлическим краном, то автомобильный кран мог не входить в состав ШМЛ, а привлекаться на время от владельца ремонтируемой машины. Бригада ШМЛ состояла из механика (бригадира), крановщика, слесарей-монтажников, электрогазосварщика и водителя автомобильной мастерской, который также работал как слесарь.

ПКБ Главстроймеханизации Минтрансстроя для работы на строительстве БАМа разработало передвижную мастерскую для агрегатного ремонта на базе автомобиля ЗИЛ-131, которая выпускалась Дарницким РМЗ.

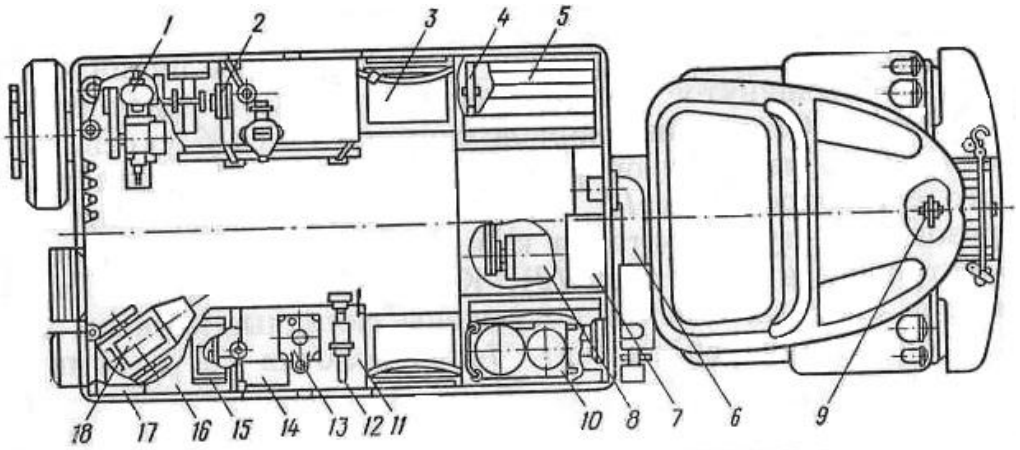


Рис. 5.6. Передвижная мастерская для агрегатного ремонта.
1- компрессор; 2 – верстак; 3 – сиденья; 4 – гидравлический пресс; 5 – ящик с инструментом; 6 – отопительная установка; 7 – пульт управления генератором; 8 – генератор; 9 – регулятор частоты вращения; 10 – солидолонагнетатель; 11 – верстак; 12 – электрошлифовальная машина; 13 - сверлильный станок; 14 – выпрямитель; 15 – преобразователь частоты; 16 – щит управления; 17 – прибор автоматической защиты; 18 – сварочный преобразователь.

В кузове КМ-131 (рис. 5.6) размещалось оборудование. необходимое для выполнения ремонтных работ. Энергоснабжение обеспечивалось генератором мощностью 12 кВА с приводом от двигателя автомобиля. Вариантом энергоснабжения было использование прицепной армейской

электростанции мощностью 16 кВА с дизельным двигателем. Возможно подключение от внешнего источника напряжением 380 В. Отопление кузова осуществлялось установкой ОВ-65 с питанием от аккумулятора автомобиля, смонтированной на передней панели кузова. Питание электроинструмента при демонтажно-монтажных работах на ремонтируемой машине обеспечивается преобразователем частоты мощностью 5,8 кВт. Комплект инструмента включал набор ключей, гайковерты, универсальный гидравлический съемник, строповочные приспособления, краскопульт, оборудование для электросварки.

Использование этих мастерских участком агрегатного ремонта ВСУМ на БАМе показало, что они достаточно полно оснащены оборудованием для выполнения демонтажно-монтажных работ. В ряде случаев при специализации ШМЛ по какому-то типу техники комплект оборудования дополнялся необходимыми съемниками и другими приспособлениями. Были варианты этой мастерской с гидрокрановым оборудованием.

Шефмонтажные летучки базировались на участке агрегатного ремонта управления механизации и выезжали по согласованному графику в мехколонны и другие строительные организации с расчетом выполнения на одном объекте нескольких ремонтов. Соответственно формировали комплекты агрегатов с учетом информации заказчиков. Демонтажно-монтажные работы выполнялись преимущественно с участием экипажа ремонтируемой машины, который был негласным контролером качества выполнявшихся работ.

В теплое время года ремонт выполнялся на открытых площадках, которые должны были обеспечить размещение ремонтируемых машин, подвижной мастерской, комплектов агрегатов и обеспечить удобный подъезд и безопасную работу крана.

В зимнее время ремонт проводился во временных инвентарных зданиях различного типа, позволяющих осуществлять операции по замене агрегатов.

Поскольку с наличием таких сооружений могут быть проблемы, плановые ремонты агрегатным методом планировались на теплое время года, в холодное время проводились преимущественно неплановые ремонты. Для ремонта машину помещали в устраиваемые на объектах специальные устройства – временные сооружения, обогреваемые теплогенераторами (тепляки). Обычно требовалось около суток, чтобы машину можно было прогреть для ремонта или обслуживания. В тепляках нельзя использовать автокраны, только передвижные гидравлические краны грузоподъемностью 1-1,5 т. Поэтому для замены крупногабаритных агрегатов (рукояти и стрелы экскаваторов, лебедки гусеничных кранов) машины необходимо было доставлять в мастерские участков управлений механизации или мехколонн.

Технология выполнения работ агрегатным методом предусматривает организацию ремонтной площадки и установку на ней ремонтируемой машины. Демонтаж неисправных агрегатов проводится в соответствии с технологической картой со схемами строповки, чтобы избежать выполнения излишних работ. Для демонтажа широко использовались механизированный инструмент, специализированные грузозахватные приспособления (траверсы, захваты), механические или гидравлические съемники, электрические и пневматические гайковерты, пресс-отвертки, входившие в комплект мастерской. Применение механизированного инструмента позволяет в полтора-два раза уменьшить трудоемкость и время выполнения демонтажных работ.

Для северных районов были также разработаны ШМЛ на базе автомобилей высокой проходимости КрАЗ-255Б с кузовом типа КУНГ и гидравлическим краном. Увеличенные кузов и грузоподъемность машины позволяли использовать больший комплект оборудования. Применение гидравлического грана грузоподъемностью 1,5-3 т позволяло проводить текущие ремонты строительных машин агрегатным методом без применения автомобильного крана, что сокращало трудозатраты и стоимость ремонта.

Для неплановых ремонтов, когда заменяется один-два агрегата, такой вариант был оптимальным.

При плановых ремонтах в теплое время подготовка машины включала ее мойку, после сборки машины проводились регулировочные и покрасочные работы. В зимнее время при выполнении ремонта в помещении окраска машины, как правило, не проводилась. Необходимым элементом перед сдачей отремонтированной машины владельцу было проведение испытаний.

Шефмонтажные летучки выезжали обычно для выполнения нескольких ремонтов на одном объекте, для чего с ними направлялось несколько комплектов агрегатов. Перевозка комплектов осуществлялась с использованием специальных контейнеров и стеллажей для двигателей, разработанных под конкретный тип строительной машины. Характер работы персонала ШМЛ предусматривал нахождение на объекте работ от 12 до 26 дней с учетом дороги, после чего ШМЛ возвращалась на базу для отдыха персонала и подготовки к следующему выезду. Для сокращения времени оборота летучек подбирались такие объекты, которые обеспечивали рациональную отдаленность от баз.

По опыту работы ШМЛ на БАМе среднее количество машин, отремонтированных за один выезд летучки составляло от трех до шести, фактический простой в ремонте снижался от 15,5 до 22,5% по сравнению с нормативным. Коэффициент использования летучек в теплое время года составлял от 0,85 до 0,9, в зимнее время этот коэффициент существенно был ниже, поскольку выполнялись преимущественно неплановые ремонты.

Вариантом выполнения агрегатного ремонта было применение доставочно-обменного метода ремонта. При этом методе требующие капитального ремонта машины заменяют машинами обменного фонда, заранее отремонтированными на ремонтных предприятиях. Этот метод применялся на предприятиях Минтрасстроя, в том числе на Дарницком и Рижском РМЗ.

Машины обменного фонда собирали на ремонтном заводе из отремонтированных и новых агрегатов и узлов, количество которых несколько уменьшалось при переходе с агрегатного на доставочно-обменный метод ремонта. Машину доставляют на объект, испытывают и сдают по акту. После чего она переходит в основные фонды строительной организации. Требующую капитального ремонта машину доставляют на завод, где ее разбирают на узлы. Это, кстати, предупреждает раскомплектование машины перед отправкой в ремонт и замены части агрегатов утильными – не подлежащими восстановлению.

При доставочно-обменном методе ремонта сохраняется прогрессивная технология обезличенного ремонта агрегатов и узлов, позволяющая организовать крупносерийное производство на базе специализированных РМЗ. Хорошие результаты дает сочетание агрегатного метода для текущего ремонта и доставочно-обменного метода для капитального ремонта машин. В этом случае сокращаются затраты на перегрузочные работы, снижается стоимость демонтажно-монтажных работ за счет их механизации и улучшения условий работы персонала по сравнению с полевыми условиями, экономия в этом случае доходит до 30% от стоимости ремонта.

На БАМе применялся вариант, когда сборка полнокомплектной машины из агрегатов, отремонтированных на заводах, проводилась в центральных мастерских производственной базы стройки в Шимановске, машина затем доставлялась по железной дороге на базу БАМстроймеханизации в г. Тында.

Практика показала, что доставочно-обменный метод ремонта в определенных условиях дает существенный экономический эффект. Подобный вариант применялся и за рубежом для двигателей строительных машин – доставленный на завод двигатель принимали в ремонт, а владелец получал другой отремонтированный двигатель с гарантированным ресурсом.

Один из вопросов, которые приходится решать при организации ремонта агрегатным методом – восстановление агрегатов импортных машин. Дело в том, что технология изготовления машин передаются только в случае приобретения лицензии. Для ремонта импортных машин и агрегатов технологии или отсутствуют, или фирмы-изготовители отказываются их передавать даже при приобретении достаточно большой партии машин. Технология изготовления детали включает материал, пооперационный порядок механической обработки с указанием необходимой чистоты сопрягаемых поверхностей, технологию термообработки. Для сборки агрегатов указываются необходимые зазоры и посадки. В ремонтной документации должны указываться допустимые износы и зазоры. Поэтому в условиях БАМа при отказе фирм в ремонтной документации приходилось разрабатывать свои документы для ремонта важнейших составных частей. Выше отмечалось, что японские и американские фирмы неохотно поставляли быстроизнашивающиеся элементы, предлагая покупать их в составе агрегата целиком.

В ряде случаев шли на замену оригинальных узлов отечественными. Так, на экскаваторе HD-150 фирмы КАТО вышедший из строя оригинальный двигатель заменяли на двигатель ЯМЗ-238, который имел существенно больший ресурс и лучше работал в условиях низких температур. В большинстве случаев детали, изготовленные вновь или восстановленные, имели тот же ресурс, что и оригинальные, за счет подборки материала и термообработки. Например, при ремонте катков и гусениц импортных бульдозеров наплавкой с использованием отечественных материалов стоимость восстановленных деталей была в шесть раз ниже, чем импортных. Существенно снижалась стоимость восстановления агрегатов за счет использования отечественных подшипников и уплотнений, стоимость которых была соответственно ниже в 5-18 и 11-20 раз, чем у импортных при аналогичном ресурсе. [13]

В отдельных случаях это не удавалось. Так, распределитель гидронасоса экскаватора HD-150 из алюминиевой бронзы, изготовленный по разработанной отечественными инженерами технологии, имел ресурс в два раза меньше, чем оригинальный, так как воссоздать технологию изготовителя не удалось.

В целом в течении нескольких лет вопрос с ремонтом импортной техники и ее агрегатов на БАМе был решен достаточно успешно.

5.6. Оценка экономической эффективности внедрения агрегатного ремонта

Агрегатный ремонт, как отмечалось выше, позволяет получить экономический эффект за счет сокращения времени нахождения машины в ремонте и, следовательно, дополнительной выработки, а также сокращения транспортных расходов. В то же время необходимы дополнительные затраты, а создание оборотного и обменного фондов.

В общем случае экономическая эффективность внедрения нового вида ремонта:

$$Э = [(C_1 - C_2) + E(K_1 - K_2)]Q, \qquad (5.8)$$

где C_1, C_2 – себестоимость единицы продукции при существующем и новом способе ремонта; K_1, K_2 – соответственно удельные капиталовложения; E – отраслевой нормативный коэффициент окупаемости капиталовложений (для строительства E = 0,15); Q – годовой объем ремонта.

Для агрегатного ремонта:

$$Э_{общ} = Э_{пр} + Э_{агр}, \qquad (5.9)$$

где $Э_{пр}$ и $Э_{агр}$ - соответственно экономическая эффективность по годовым приведенным затратам и от сокращения продолжительности ремонта.

Экономическая эффективность по годовым приведенным затратам определяется из сравнения этих затрат при двух методах ремонта – ремонте полнокомплектных машин и агрегатном:

$$Э_{пр} = (C - C_а) + E(K - K_а), \quad (5.10)$$

где С, $C_а$ – соответственно себестоимость плановых ремонтов в одном ремонтном цикле, приведенная к году; K, $K_а$ – удельные капиталовложения в ремонтную базу, рассчитанные по отношению к стоимости ремонта для одного ремонтного цикла.

Экономический эффект от сокращения продолжительности ремонта:

$$Э_{агр} = C_{дв} + C_а + C_т - C_{оф}, \quad (5.11)$$

где $C_{дв}$ – стоимость дополнительной выработки одной машины; $Э_в$ – уменьшение убытков от амортизационных отчислений на одну машину; $Э_т$ – экономия от доставки в ремонт и из ремонта комплекта агрегатов по сравнению с полнокомплектной машиной; $C_{оф}$ – затраты на оборотный фонд агрегатов.

Входящие в эту формулу составляющие могут быть найдены из следующих выражений:

$$C_{ДВ} = \Delta t П_{см} И_с n, \quad (5.12)$$

где Δt - дополнительное время работы машины, сут.; $П_{см}$ – среднемесячная выработка машины; $И_с$ – сметная стоимость единицы продукции; n – коэффициент сменности.

Если невозможно определить выработку машины в физических единицах, то:

$$C_{ДВ} = \Delta t П_{см} \cdot nN_1 C_0 / П_Г, \quad (5.13)$$

где N_1 – число однотипных машин в парке, отремонтированных за год; $П_г$ – нормативная годовая выработка одной машины; C_o – оптовая цена одной машины с учетом коммерческих начислений.

$$Э_а = C_б \alpha \Delta t / 100 T_р, \quad (5.14)$$

где $C_б$ – балансовая стоимость машины, руб.; α - годовой процент амортизационных отчислений; $T_р$ – расчетное число рабочих дней в году.

Затраты на оборотный фонд в год на машину:

$$C_{оф} = (1/N_1)\sum_{i=1}^{n} c_i b_i / T_i, \quad (5.15)$$

где c_i - стоимость i-го агрегата, руб.; b_i – число i -х агрегатов в оборотном фонде; T_i - расчетное число лет эксплуатации i-го агрегата; m - число типов агрегатов и узлов, входящих в оборотный фонд; N_i - число машин, отремонтированных агрегатным методом в течение года.

Экономия от доставки в ремонт и из ремонта комплекта агрегатов вместо доставки полнокомплектных машин определяется из расчета на одну машину:

$$Э_Т = (1/N_1)(\sum_{j=1}^{N_1} V_j - \sum_{j=1}^{N_1} P_j), \quad (5.16)$$

где N_i - число отремонтированных за год машин j-го типа; V_j - стоимость доставки полнокомплектной машины в ремонт и из ремонта; P_j - стоимость доставки комплекта агрегатов от места восстановления к месту демонтажно-монтажных работ и обратно.

Практика показала, что агрегатный ремонт в условиях Севера – один из наиболее эффективных методов поддержания технической готовности парка строительной техники. Вместе с тем стоимость агрегатного существенно может превышать прейскурантную. Опыт показывает, что даже при наценках на северные условия стоимость ремонта экскаваторов превышает

прейскурантную для ремонта Т-1 в 1,44 раза, а Т-2 в 1,35 раза [15]. Это объясняется более высокой заработной платой при восстановлении агрегатов и их монтаже, повышенными транспортными расходами, а также некоторым изменением состава агрегатов в комплектах. Несмотря на более высокую стоимость в отдельных случаях, агрегатный ремонт позволяет получить большой экономический эффект за счет снижения простоев техники в ремонте.

ГЛАВА 6. ПОДВИЖНЫЕ СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА

6.1. История создания подвижных мастерских

В период первых пятилеток в СССР в связи с относительно небольшим количеством техники, занятой в транспортном и других видах строительства, особой необходимости в создании подвижных средств обслуживания и ремонта техники не было. В отдельных случаях строительные организации создавали собственные мастерские-летучки.

В Красной армии вопрос с формированием подвижных ремонтных средств для восстановления техники в боевых условиях решался путем создания двух типов подвижных мастерских – А и Б.

Походные автомобильные ремонтные мастерские типа А были смонтированы на шасси автомобиля ГАЗ-АА или ГАЗ-ААА с облегченным кузовом. Летучки типа А предназначались для ТО и ТР машин путем замены деталей или агрегатов, они не имели электроагрегата и сварочного оборудования. В мастерских был подъемный кран с ручной талью, комплект съемников и ручного инструмента, ручные дрель и точило, бензорез с кислородным баллоном и другое оборудование для ремонта техники.

Походные автомобильные ремонтные мастерские типа Б на шасси автомобиля ЗиС-5 или ЗиС-6 имели деревянный кузов с откидными боковыми стенками, образовывающим дополнительную крышу и пол. Оборудование мастерской, предназначенной для ТР и СР автомобилей, тракторов и бронетанковой техники, включало бензиновый электроагрегат, токарный станок, настольный суппортно-шлифовальный станок, кузнечный горн с наковальней, настольный пресс и комплект съемников, слесарного и монтажного инструмента. Мастерская могла развертывать посты вне кузова,

например, шиноремонтный. В состав мастерской входили двухосный прицеп и грузовой автомобиль для перевозки запчастей и ремонтных материалов.

Перед началом Великой отечественной войны в Красной армии насчитывалось более 2500 летучек типа А и 1500 мастерских типа Б. Как показал опыт войны, оборудование этих мастерских позволяло успешно решать задачи по восстановлению техники.

Во время Великой отечественной войны для восстановления железных дорог были созданы Управления военно-восстановительных и заградительных работ (УВВР), которые занимались восстановлением железных дорог, а с выходом за пределы СССР – перешивкой путей на колею 1524 мм. Для обеспечения восстановительных работ и ремонта техники были сформированы подвижные мастерские НВР (начальника восстановительных работ) в пяти двухосных железнодорожных вагонах. Они включали вагон-электростанцию, один или два (в зависимости от назначения мастерских) кузнечных цеха и механические цеха со станочным и слесарным оборудованием. Наличие двух кузнечных цехов было для изготовления нестандартных изделий и поковок при восстановлении мостов и пути.

Мастерские на автомобильной базе в период войны были у танкистов и предназначены для текущего ремонта двигателей и ходовой части, в том числе для обеспечения дальнейшей эвакуации танка в ремонтные батальоны.

Мастерские на железнодорожном подвижном составе. В послевоенное время по образу мастерских НВР были созданы мастерские НВРМ в пяти четырехосных вагонах и МХ в 9 четырехосных вагонах. Эти мастерские широко применялись на Севере при строительстве железных дорог Тюмень-Сургут-Нижневартовск, Сургут-Уренгой и в начальный период строительства БАМа.

Мастерские НВРМ (мастерские начальника восстановительных работ модернизированные) предназначены для выполнения средних и неплановых текущих ремонтов строительных машин, а также для изготовления

строительных поковок. Они предназначены для оснащения путевых и мостовых подразделений, автономны, могут быстро развертываться на временных тупиках (за 2-2,5 ч) и обеспечивать работу по ремонту и обеспечению строительства.

В пяти крытых 50-тонных железнодорожных утепленных вагонах смонтировано оборудование пяти цехов – двух механических, слесарно-ремонтного, кузнечного и вагона-электростанции. Вдоль вагонов устроены откидные переходные площадки, цеха оборудованы кранами-укосинами для подъема поступающих в ремонт агрегатов. Под вагонами расположены ящики для топлива и ремонтных материалов. Отопление печное – углем, в некоторых вариантах дополнительно имеется и электроотопление. Электроснабжение как от собственной электростанции, так и от внешней сети 380 В. В рабочем положении мастерская заземляется.

В вагоне-электростанции установлены две дизельные электростанции ДЭС-50 мощностью по 50 кВ.А и электростанция АД-5 для освещения мастерской вовремя движения.

В механических и слесарно-ремонтном цехах установлено 16 станков - токарные, фрезерные, вертикально-сверлильные и заточные, в том числе токарный станок с высотой центров 300 мм. Набор станочного оборудования позволяет выполнять широкую номенклатуру работ. Имеется также инструментальное отделение и отделение для ремонта электрооборудования. Сварочное оборудование представлено в виде электросварочного и газосварочного постов с соответствующим оборудованием.

В кузнечном цехе установлены пневматический молот и кривошипный пресс, нагревательные горны, а также круглая печь для изготовления строительных болтов и скоб. Под пневматический молот выкладывается шпальная клетка для разгрузки подвески вагона.

Недостаток мастерских – отсутствие оборудования для проверки и ремонта гидрооборудования.

Более мощные мастерские типа МХ или МХ-М в 9-ти четырехосных вагонах предназначены для среднего и капитального ремонта строительных машин, средних ремонтов автомобилей, ремонта агрегатов, изготовления инструмента и строительных поковок. Аналогично мастерским НВРМ вагоны утеплены, снабжены окнами и откидными трапами. Предусмотрен сквозной проход через все вагоны. Поскольку их нахождение на одном месте предусматривается существенно дольше, чем НВРМ, и основной вариант энергоснабжения – внешний источник, то вагоны оснащены электропечами, печи сухого отопления предусмотрены в качестве резервных, что оказалось совсем не вредно при работе мастерских на Севере, например, в Сургуте. Вагоны оборудованы вентиляцией и светомаскировкой.

Мастерские включают кузнечный, инструментально-механический, два механических, электроремонтный, слесарно-сварочный, агрегаторемонтный, авторемонтный цехи и вагон-электростанцию. В отличие от НВРМ мастерская хорошо оснащена стендами и приспособлениями для механизации ремонтных работ.

В кузнечном цехе установлены пневматический молот, кривошипный пресс, горны и наковальни, а также нагревательная печь для термообработки деталей.

Станочное оборудование сконцентрировано в основном в первых трех цехах и включает токарно-винторезные станки 1М63, 16К20 и 16К25, а также фрезерный, радиально-сверлильный, долбежный, поперечно-строгальный, вертикально-сверлильные, заточные и другие станки, что позволяет выполнять механическую обработку сложных деталей. Часть станков размещена в других ремонтных цехах.

Электроремонтный цех предназначен для выполнения ремонта силового и автотракторного оборудования, включая перемотку электродвигателей, а также имеет аккумуляторное отделение.

Слесарно-сварочный цех имеет слесарные верстаки с вертикально-сверлильным настольным станком, электросварочные и газосварочный посты, в нем также установлен станок для наплавки деталей под слоем флюса.

Агрегаторемонтный цех оснащен оборудованием для ремонта и проверки топливной аппаратуры и гидроагрегатов, а также стендами и приспособлениями для ремонта агрегатов строительных машин.

Авторемонтный цех оснащен стендами для разборки и сборки двигателей, коробок перемены передач, муфт сцепления и задних мостов, а также оборудованием для проверки и ремонта топливной аппаратуры и автомобильного электрооборудования. Это позволяет выполнять широкую номенклатуру работ по ремонту автомобилей.

Для электроснабжения мастерской в вагоне-электростанции установлены две электростанции АСД-100Т/400, а для освещения во время движения агрегат АД-10Т/400М, а также шкафы для подключения мастерской к внешней сети. Мастерская устанавливается на тупике длиной не менее 120 м, вагоны заземляют. Обычно мастерские НВРМ и МХ устанавливают на неиспользуемых крайних путях станций или тупиках, при их отсутствии укладывают временные тупики. Место размещения мастерских должно иметь площадки для ремонта техники и подъездные пути.

В конце 80-х годов ряд мастерских МХ проходил модернизацию с заменой оборудования на более современное, например, установлено оборудование для полуавтоматической сварки в среде углекислого газа, более современные электростанции. В настоящее время эти мастерские не выпускаются.

На железнодорожных новостройках организациями, занимающимися монтажом устройств связи и СЦБ и водоснабжения, своими силами создавались мастерские, которые размещались в четырехосных крытых

вагонах или списанных пассажирских вагонах. В вагоне имелись рабочие места для монтажников и ремонтников с необходимым оборудованием, а также расходные складов запчастей и материалов. Энергоснабжение осуществлялось от внешних источников, отопление электрическое или печами. Оснащение мастерских зависело от решаемых задач и возможностей владельцев. Для ремонта контактной сети применяются летучки на дрезинах.

Мастерские на базе автомобилей. В связи с насыщением всех видов строительства и появлением автомобилей повышенной грузоподъемности стало более целесообразным мастерские для обслуживания и ремонта строительных машин и автомобилей размещать в автомобилях с прицепами или в контейнерах. В этом случае отпадает необходимость привязки к железной дороге.

Мастерские создавались первоначально самими строителями, впоследствии было разработан целый ряд подвижных мастерских различного назначения, в том числе для централизованного технического обслуживания и для агрегатного ремонта. В качестве базы использовались преимущественно автомобили повышенной проходимости. Для обслуживания и ремонта техники на строительстве трубопроводов и линий электропередач на Севере были разработаны мастерские на базе гусеничных транспортеров (типа МТЛБ и др.).

Подвижные мастерские можно было условно разделить на две группы – мастерские -летучки для обслуживания или непланового текущего ремонта, которые подавались к обслуживаемой или ремонтируемой технике и мастерские для среднего и текущего ремонта, которые развертывались на базах строительных подразделений, и к которым подавалась требующая ремонта техника.

Мастерские первой группы представляли собой обычно один автомобиль с кузовом типа КУНГ или самодельным. Мастерские для обслуживания и заправки маслами и рабочими жидкостями землеройной

техники использовались преимущественно управлениями механизации в больших городах и на транспортном строительстве. Универсальные мастерские с оборудованием для обслуживания и ремонта техники применялись различными строительными организациями.

Применялись и специализированные мастерские – электромастерские для обслуживания электрооборудования башенных кранов, мастерские для обслуживания и ремонта машин с гидроприводом, диагностические станции на базе УАЗ-450, летучки агрегатного ремонта, мастерские для монтажа и ремонта высоковольтных линий электропередач и др. Мастерские, работающие в городах или ближайших районах, монтировались на обычных грузовых автомобилях и прицепах, на линейном строительстве применялись мастерские на автомобилях повышенной проходимости или на гусеничных транспортерах.

Например, установка, разработанная Ленинградским инженерно-строительным институтом, которая успешно эксплуатировалась, в частности, в УМ-10 Главленинградстроя. На базе автомобиля ЗИЛ-130 с кузовом было смонтировано оборудование для обслуживания машин с гидроприводом, которая позволяла проводить дозаправку, замену или очистку рабочей жидкости на месте работ. В установке имелись емкости для чистого масла и отработки, центрифуга для очистки масел, оборудования для контроля гидросистем.

Примером мастерской для транспортного строительства может служить появившаяся в начале 60-х годов мастерская ПММ на базе автомобиля ЗИЛ-157или ЗИЛ-164 с кузовом КУНГ. В мастерской был токарно-винторезный станок с высотой центров 150 мм, заточной и настольный сверлильный станки, механизированный и слесарный инструмент. В качестве выносного имелось газосварочное оборудование и складной стол сварщика. Электропитание было от бензинового электроагрегата мощностью 4 или 10 кВт. На прицепе был смонтирован

сварочный агрегат САК с бензиновым двигателем. Эта мастерская использовалась для непланового текущего ремонта строительной техники на объектах.

Вторую группу составляли мастерские, предназначенные для текущего ремонта техники в начальный период развертывания строительства объектов в неосвоенных районах, в том числе транспортного строительства. В состав таких мастерских входило несколько автомобилей со станочным и специальным оборудованием и палатки для ремонта техники. Преимущественно такие мастерские разрабатывались специально для какого-то объекта с использованием опыта армейских авторемонтных мастерских ПАРМ-1.

В начале 60-х годов появились на транспортном строительстве мастерские ПРМА на базе 5 автомобилей ЗИЛ-157 с кузовом КУНГ (подвижные ремонтные мастерские автомобильные), которые заменили мастерские НВРМ. В мастерских имелось два токарных станка, фрезерный, вертикально-сверлильные и заточные станки, комплект инструмента, газосварочное и электросварочное оборудование, выносной комплект кузнечного оборудования. Энергопитание от прицепного дизельного электроагрегата мощностью 30 кВт, возможно питание от внешних источников, отопление – печи сухого отопления и электроотопление. Мастерские могли выполнять плановые и неплановые текущие ремонты в полевых условиях, работало в этих мастерских от 20 до 30 ремонтников. Их эксплуатация на стройках в Сибири показала два недостатка – отсутствие грузоподъемных средств и штатных палаток для укрытия техники зимой.

Вместо автомобилей для размещения оборудования мастерских для ремонта техники использовались контейнеры, перевозимые железнодорожным или автомобильным транспортом. Контейнеры могли составляться вместе, образуя единое помещение, или размещаться отдельно.

Их большая по сравнению с автомобильными кузовами площадь позволяла размещать большее количество оборудования.

Подробнее рассмотрим несколько подвижных мастерских, применявшихся на транспортном строительстве в Западной Сибири и на БАМе.

Для технического обслуживания строительной техники и автомобилей были разработаны подвижные мастерские, сначала на базе автомобилей ЗИЛ-157, а затем на базе автомобилей ЗИЛ-131. Общий вид такой мастерской с кузовом КМ-31 показан на рис. 6.1.

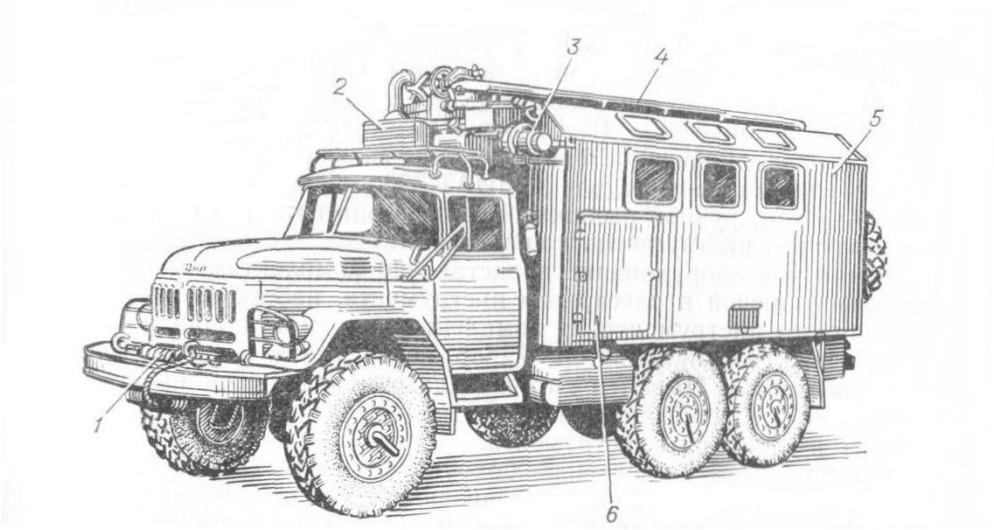


Рис. 6.1. Мастерская МТО-АТ с кузовом КМ-31

Кузов КМ-131 каркасно-металлический, имеет алюминиевую обшивку и пенопластовое утепление. Обогревается кузов отопительно-вентиляционной установкой ОВ-65, работающей на дизельном топливе, ее электродвигатель питается от аккумуляторов или блока питания мастерской. Кузов герметизирован и оборудован фильтровентиляционной установкой. В передней части кузова имеются две боковые ниши. Поскольку эти кузова выпускались промышленностью, они использовались для целого ряда мастерских на базе автомобилей ЗИЛ-131.

В связи с массовым применением сложной импортной техники с началом строительства БАМа появилась необходимость осуществления технического обслуживания и ремонта этой техники специализированными подразделениями. Для централизованного технического обслуживания строительных машин непосредственно на объектах на БАМе была разработана и в начале 80-х годов начала применяться **мастерская МТО-СДМ** (мастерская технического обслуживания строительных и дорожных машин). Она состояла из трех единиц: смазочно-заправочной мастерской МТО-СЗ, слесарной мастерской МТО-СМ и прицепа с палаткой и теплогенератором. Мастерская смонтирована на автомобилях ЗИЛ-131 с кузовом КМ-131, лебедкой и кран-стрелой. Бригада мастерской - 5-7 человек.

Мастерская МТО-СЗ обычно использовалась для обслуживания землеройной техники и буровых машин непосредственно на месте работ, мастерская МТО-СМ развертывалась с палаткой на временной базе на объекте.

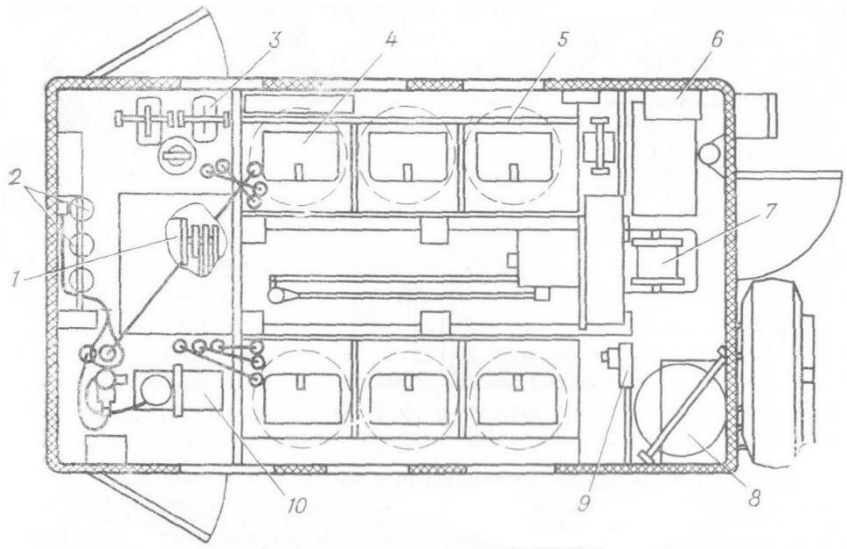


Рис. 6.2. Мастерская МТО-СЗ

1- генератор; 2 – банки для тугоплавких смазок; 3- заправочный инвентарь; 4 – термос; 5 – постамент правый; 6 – электрощит; 7 – установка для промывки системы смазки; 8 – нагревательный элемент; 9 – ручной насос; 10 - компрессор

В кузове мастерской МТО-СЗ (рис. 6.2) установлено шесть термосов по 200 л для масел. Термос представляет собой емкость, закрытую кожухом. Между емкостью и кожухом имеется слой утеплителя (стекловаты) и ленточный нагревательный элемент, представляющий собой ленту из стекловолокна с оболочкой из кремнийорганической резины, внутри которой находятся нагреватели. В емкость встроены температурное реле, отключающее нагрев при температуре выше 50°С, и счетчик расхода масла. Раздача и закачка масла производится двумя насосными станциями, смонтированными в боковых нишах кузова. Там же помещаются самонаматывающиеся барабаны со шлангами. Для предупреждения смешивания масел шланги продуваются сжатым воздухом от компрессора. Ниши имеют электрообогрев. В кузове перевозится выносное оборудование – установка для промывки системы смазки двигателя и электромеханический солидолонагнетатель.

Энергоснабжение мастерской МТО-СЗ от генератора, приводимого от двигателя автомобиля через коробку отбора мощности.

Мастерская МТО-СМ (рис. 6.3) предназначена для выполнения моечных, крепежных, контрольно-регулировочных и ремонтных работ при плановом ТО, а также неплановых текущих ремонтов машин (на готовых запчастях). В кузове мастерской установлены два металлических верстака с ящиками для материалов инструмента. На верстаках смонтированы настольный сверлильный станок, 10-тонный гидравлический пресс, тиски, электрошлифовальная машина, прибор для проверки форсунок. Имеется преобразователь частоты для привода высокочастотного инструмента и зарядное устройство для аккумуляторов. Сварочное оборудование представлено ацетиленовым генератором или баллонами, двумя кислородными баллонами и сварочным преобразователем.

В мастерской имеется комплект слесарного и монтажного инструмента и диагностическое оборудование: прибор для диагностики двигателей, компрессометр, дроссель-расходомер, электроизмерительные приборы.

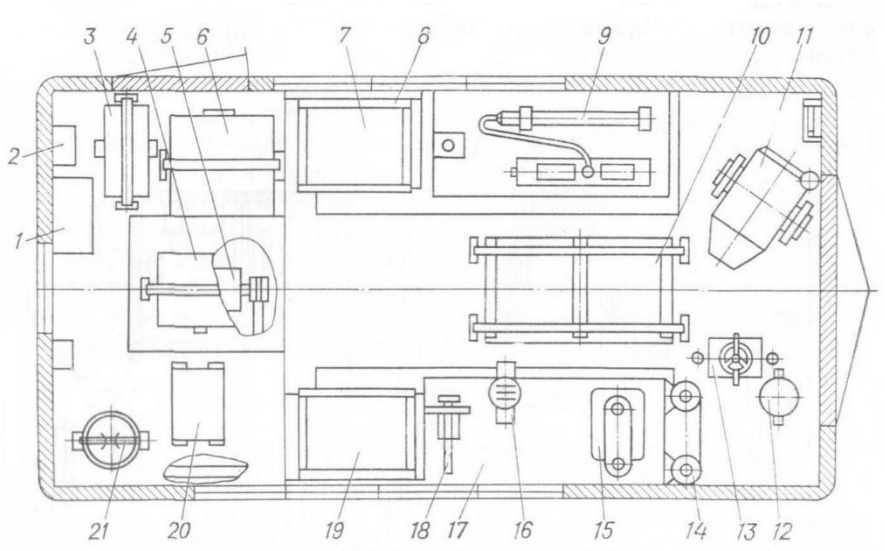


Рис. 6.3. Размещение оборудования в кузове мастерской МТО-СМ
1- комплект диагностической аппаратуры; 2 – щит генератора; 3 – прибор Э-214; 4 –прибор ИМД-2М; 5 – генератор; 6 – дроссель-расходомер; 7 – откидной стол; 8 – рундук с преобразователем частоты; 9 – гидропресс; 10 – выносной ящик; 11 – сварочный преобразователь; 12 – ацетиленовый генератор; 13 – электровулканизатор; 14 – кислородные баллоны; 15 – настольный сверлильный станок; 16 – тиски; 17 – верстаки; 18 - электрошлифовальная машина; 19 – рундук; 20 - зарядное устройство; 21 – бак с водой.

Мастерская может проводить шиноремонтные, моечные и окрасочные работы, для чего имеется соответствующее оборудование. Для работ по ТО и ремонту в холодное время года предназначена палатка 6х16 м, перевозимая на двухосном прицепе. Смонтированный на этом прицепе теплогенератор с двумя воздухоотводами позволяет поддерживать положительную температуру в палатке в зимнее время. Палатка хорошо зарекомендовала себя на строительстве БАМа.

Мастерская имеет генератор, приводимый от двигателя автомобиля, но, поскольку она развертывается на относительно длительное время, стараются

запитывать мастерскую от внешних источников для сбережения ресурса двигателя автомобиля. Мастерская МТО-СДМ обычно развертывалась или в районе временных поселков или на объектах, где имелись дизельные электростанции АД-30, АД-50 или БАМ-500. Мастерская МТО-СДМ предназначена для проведения операций ТО и не имеет станочного оборудования.

Мастерская ПММ-3. Для непланового текущего ремонта и ТО непосредственно на объектах в этот период выпускалась мастерская ПММ-3 (модернизация мастерской ПММ). Комплект мастерской состоял из автомобиля ЗИЛ-131 с кузовом МРГТ, двухосного прицепа с оборудованием и одноосного прицепа ТАПЗ-755 с электростанцией ЭСД-10ВС/400М.

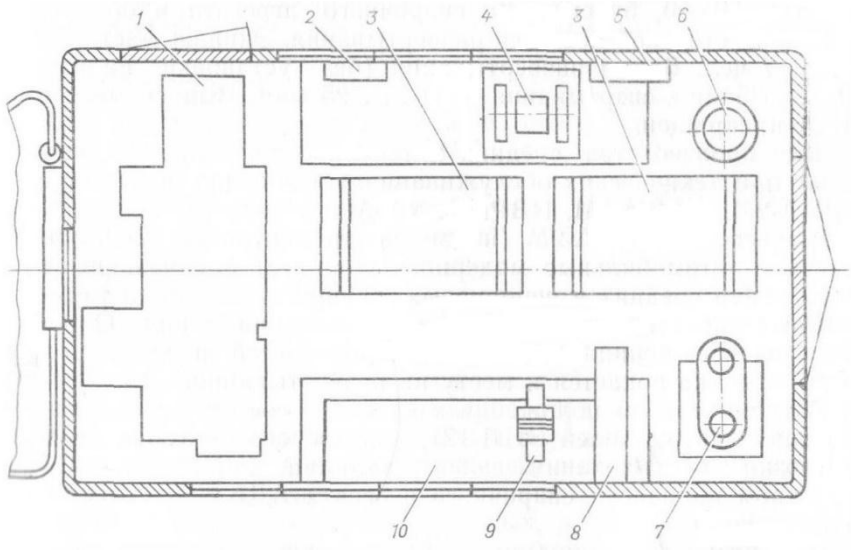


Рис. 6.4. Размещение оборудования в кузове мастерской ПММ-3
1- станок токарно-винторезный; 2 – трансформатор; 3 –выносные ящики с инструментом; 4 – точильный станок; 5 – табуретки; 6 – печь сухого отопления; 7 – станок вертикально-сверлильный; 8 – выносной стол; 9 – тиски; 10 – верстак.

Кузов МРГТ каркасно-металлический, обшит снаружи тонколистовой сталью, изнутри – бакелизированой фанерой, утеплитель – пенопласт. Отопление – металлическая печь. В кузове мастерской установлены токарно-винторезный станок с высотой центров 150 мм, вертикально-сверлильный и

двухсторонний заточной станки, имеется верстак с тисками. Для питания электроинструмента установлен электротрансформатор. Мастерская оснащена комплектами слесарного, сварочного, столярного инструмента, а также инструмента электрослесаря и набора для ремонта путевого гидроинструмента.

В кузове прицепа 2ПН4 с тентом размещено сварочное, кузнечное и моечное оборудование, в том числе горн с электроприводом, газосварочный генератор, кислородные баллоны, ванна для промывки деталей и 10-тонный пресс, а также сварочный генератор.

Мастерские ПММ-3 предназначены преимущественно для путевых и мостовых подразделений, их комплект оборудования позволяет не только ремонтировать технику, но и изготавливать нестандартное оборудование и материалы для строительства. Выпускался в ограниченном количестве вариант ПММ-3К с кузовом КМ-131 и энергоснабжением от генератора с приводом от автомобиля.

Для обслуживания и текущего ремонта автомобилей на строительстве БАМа железнодорожными войсками использовались армейские мастерские МТО-АТ на автомобилях ЗИЛ-131 с кузовом КМ-131 (см. рис. 6.1). Они также покупались подразделениями Минтрансстроя из числа неликвидов Министерства обороны (на автомобилях ЗИЛ-157 и ЗИЛ-131). Эти мастерские имели специализированное оборудование для ремонта и ТО автомобилей – топливной аппаратуры, электрооборудования, сцепления, трансмиссии, тормозной системы и шин. Плановый и сложный неплановый ремонт автомобилей выполнялся на базах автоколонн (автобазах).

Для организации среднего и текущего ремонта строительной техники на БАМе железнодорожными войсками использовались мастерские ПРМА-2М на базе автомобилей ЗИЛ-131 с кузовом МРГТ (мастерские ремонтно-механические автомобильные модернизированные). Они развертывались во временных поселках на трассе БАМа – в Дипкуне, Зейске, Февральске и др.

Мастерские состояли из восьми единиц – пяти автомобилей ЗИЛ-131, двухосного прицепа для перевозки оборудования и палатки, электростанции ЭСД-30ВС/400Т на двухосном прицепе и сварочного агрегата АДБ-309 на одноосном прицепе. При развертывании мастерской организуется шесть цехов – пять в автомобилях и один в палатке. В механических цехах №1-4 смонтировано 4 токарно-винторезных станка – два с высотой центров 200 мм и два с высотой центров 150 мм, горизонтально-фрезерный станок, вертикально-сверлильные и заточные станки, а также тумбочки токаря и верстаки с тисками. В цехе №3 установлен трансформатор для подключения электроинструмента. Цех №5 сварочно-испытательный, включает отделение для хранения кислородных баллонов и испытательные стенды для проверки автотракторного электрооборудования, регулировки форсунок и плунжерных пар, дроссель-расходомер и электроизмерительные приборы.

В палатке с металлическим каркасом устанавливались три разборных верстака, 40-тонный пресс, посты электро- и газосварщика, переносной электрифицированный горн с наковальней. В штате отопление палатки не предусмотрено, на БАМе устраивали отопление теплогенератором.

Мастерские ПРМА-2М на БАМе использовались как железнодорожными войсками, так и подразделениями Минтрансстроя и в начальный период строительства до создания мастерских в инвентарных зданиях оказывали существенную помощь по ремонту техники.

Для среднего и текущего ремонта автомобилей в частях ЖДВ на БАМе использовались армейские мастерские ПАРМ-1М на базе автомобилей ЗИЛ-131 с кузовом КМ-131. Мастерская ремонтно-слесарная МРС-АТ предназначена для ТО и ТР автомобилей, механическая мастерская МРМ с токарно-винторезным, сверлильным и заточным станком выполняет станочные и слесарные работы при ремонте. Третья машина ЗИЛ-131 с тентом, кран-стрелой и лебедкой предназначена для транспортных и грузоподъемных работ. В комплект ПАРМ-1ИМ входят две палатки,

сварочный агрегат и зарядная станция для аккумуляторов, а также комплект приборов и инструмента.

Специально для выполнения текущих ремонтов в условиях Севера выпускалось несколько вариантов мастерских на двухосных прицепах. Например, подвижная дорожная мастерская А-704, состоящая из двухосного прицепа А-731 с утепленным металлическим кузовом и двух одноосных прицепов с электрогазосварочным оборудованием и электростанцией. В качестве утеплителя использовались минеральная вата или пенопласт. В кузове размещены токарный, сверлильный и заточной станки, гидравлический пресс, кузнечный горн, слесарные верстаки с тисками и комплекты инструмента. Кузов отапливается металлической угольной печью.

На Пушкинском ремонтно-механическом заводе с 1981 г выпускалась аналогичная мастерская, предназначенная специально для Севера. Ее кузов имел повышенную теплозащиту. В кузове установлен универсальный станок, позволяющий выполнять токарные, сверлильные, фрезерные и шлифовальные операции. Установка такого станка расширяла возможности по ремонту агрегатов. Электроснабжение от внешних источников.

Одна из задач, которые решаются при организации ремонта техники на новостройках – снабжение рабочими газами – ацетиленом и кислородом. Если ацетилен получали в ацетиленовых генераторах с использованием карбида кальция, то проблема доставки кислорода в баллонах решалась сложнее. Поэтому на строительстве БАМа развертывались передвижные кислорододобывающие станции АКДС-70 (рис. 6.5)

Станция АКДС-70 выпускалась в 70-90–е годы на базе автомобилей КраЗ-219П с кузовом Уралец-371С, она могла работать при температурах от - 50ºС до +50ºС и предназначалась для получения газообразного и жидкого кислорода и азота. Станция разрабатывалась для Министерства обороны, но использовалась и в народном хозяйстве для получения кислорода в отдаленных районах.



Рис. 6.5. Станция АКДС-70 в г. Тында

Она включала компрессорный и технологический цеха на автомобилях КраЗ-219П и автомобиль ЗИЛ-130 с прицепом-электростанцией. В кузове компрессорного цеха установлены два компрессора ВВШ-3,7/200 и система водяного охлаждения с центробежным насосом. В кузове технологической машины смонтированы блок разделения воздуха, детандер (охладитель) ДВД-13, насос сжиженных газов, блок очистки и осушки воздуха и наполнительная рампа. Автомобиль ЗИЛ-130 предназначался для перевозки баллонов и другого вспомогательного оборудования, и буксировки прицепа.

Принцип работы стации – глубокое охлаждение воздуха, сжижение и разделение воздуха на кислород и азот. Чистота продукта более 99%. Потребляемая мощность станции при запуске – 200 кВт. Применение этих станций на Центральном и Восточном участках БАМа позволило решить вопрос с обеспечением ремонтников кислородом.

6.2. Основные принципы и направления развития и формирования подвижных мастерских для работы в условиях Севера

Современные подвижные ремонтные мастерские (ПРМ) представляют собой специализированные транспортные комплексы, оснащённые необходимым оборудованием для проведения технического обслуживания, диагностики и текущего ремонта строительного оборудования в удалённых районах и на месте эксплуатации машин. Эти мобильные объекты широко применяются при обслуживании объектов нефтегазовой отрасли, в лесозаготовительной промышленности, при строительстве дорог и магистральных трубопроводов, а также в системах коммунального хозяйства, особенно на территориях, где отсутствуют стационарные ремонтные базы.

Основное назначение таких мастерских заключается в минимизации времени простоя техники и обеспечении плановых и аварийных ремонтных работ на месте, без необходимости доставки оборудования на значительные расстояния. Принципиальной разницы между современными подвижными мастерскими и мастерским, рассмотренными в разделе 6.1. практически нет, но их база поменялась на более современную, появилось новое технологическое оборудование, которое позволяет существенно расширить их возможности по обслуживанию и ремонту техники. Это касается механического, сварочного, диагностического оборудования и, особенно, возможностей по ремонту гидросистем и электрооборудования.

Современные ПРМ проектируются на базе различных шасси, в том числе на грузовых автомобилях повышенной проходимости типа КАМАЗ-43118, специализированных вездеходах 4×4, 6×6 и 8×8 конфигураций, а также гусеничных тракторах. Кузовная часть выполняется в виде герметичного контейнера или инвентарного здания контейнерного типа, что

обеспечивает защиту размещённого внутри оборудования и создаёт безопасное рабочее пространство для персонала. Конструкция таких модулей должна соответствовать требованиям государственных стандартов по мобильным зданиям северного исполнения (ГОСТ Р 58760-2024, ГОСТ 22853), которые определяют параметры теплоизоляции, ветроустойчивости и снеговых нагрузок.

Комплектация передвижных мастерских варьируется в зависимости от конкретного назначения и профиля проводимых работ. Типовая комплектация включает: компрессорные установки производительностью 1000-2000 л/мин для пневматического инструмента; электросварочные выпрямители с источниками питания инверторного типа, адаптированные к низким температурам; станки металлообработки (сверлильные, токарные, заточные); гидравлические установки с манометрами и расходомерами для диагностики и ремонта гидросистем техники; газосварочные посты с комплектом редукторов и шлангов; наборы слесарного и специального инструмента. Автономная дизельная электростанция обеспечивает энергоснабжение, а встроенный компрессор создаёт необходимое давление воздуха.

Арктические и субарктические условия предъявляют особые требования к конструкции и оборудованию передвижных мастерских. Температурный режим эксплуатации может составлять от −50 до −60 °C, что приводит к трёхкратному увеличению количества поломок и аварий по сравнению с условиями умеренного климата. Основные мероприятия по адаптации включают: значительное усиление теплоизоляции корпуса с использованием специальных материалов; внедрение систем отопления с повышенной мощностью (мощность до 37-40 кВт), обеспечивающих поддержание температуры минимум +15°C внутри помещения; использование низководородистых сварочных материалов и модернизированного сварочного оборудования, которое сохраняет

параметры при экстремально низких температурах; предпусковые подогреватели для двигателей и топливных систем; специальные жидкости для гидросистем с низкой температурой застывания [10].

Для обеспечения комфортных условий работы персонала и нормальной функциональности оборудования в передвижных мастерских северного исполнения применяются мощные автономные отопительные системы. Наиболее эффективными являются топливные тепловые генераторы производительностью 2000-3000 м³/час горячего воздуха, работающие на дизельном топливе с мощностью 18-40 кВт. Системы кондиционирования позволяют предотвращать перегрев оборудования при проведении работ.

Современные ПРМ оснащаются набором диагностического оборудования для комплексной оценки технического состояния строительной техники. Основной спектр включает: манометры для измерения давления в гидравлических и пневматических системах; анализаторы для комплексного анализа рабочих жидкостей; счётчики частиц для определения степени загрязнения масла; термопары и расходомеры для контроля параметров систем; специальные стенды для проверки гидроцилиндров, насосов и распределителей. Использование профессионального диагностического оборудования позволяет оперативно выявлять скрытые дефекты и предотвращать развитие аварийных ситуаций, существенно продлевая ресурс техники и снижая операционные расходы.

Практическая значимость и преимущества. Применение передвижных ремонтных мастерских в суровых климатических условиях Севера позволяет достичь значительных преимуществ: сокращение времени простоя оборудования благодаря проведению ремонта на месте; снижение транспортных расходов, связанных с доставкой поломанной техники на стационарные базы; повышение надёжности при использовании техники, адаптированной к экстремальным условиям; обеспечение непрерывности производственных процессов на удалённых объектах. По оценкам

подрядчиков, работающих в Ямало-Ненецком автономном округе, использование техники с «северным пакетом» и передвижных сервис-центров сокращает аварийные простои в 2–3 раза по сравнению с обычными машинами и традиционной системой обслуживания.

Классификация и сравнительная характеристика передвижных ремонтных мастерских

Передвижные ремонтные мастерские представляют собой сложные технические комплексы, требующие систематизации по различным признакам для оптимального выбора и эксплуатации. Современная классификация этих объектов базируется на четырех основных критериях: функциональном назначении, типе базового шасси, конструкции кузова и уровне технического оснащения. Правильный выбор типа мастерской зависит от условий эксплуатации, характера выполняемых работ и климатических особенностей региона применения.

Классификация по функциональному назначению

Передвижные авторемонтные мастерские (ПАРМ) представляют наиболее распространенный тип и предназначены для комплексного ремонта и технического обслуживания автомобилей и строительной техники непосредственно на месте эксплуатации. Эти мастерские оснащаются универсальным набором оборудования, включающим слесарные верстаки с тисками, токарные и сверлильные станки, сварочное и газорезательное оборудование, а также автономные электрогенераторы мощностью от 20 до 30 кВт. ПАРМ активно применяются в нефтегазовой отрасли, на строительных площадках и в удаленных районах, где отсутствует стационарная ремонтная инфраструктура (рис. 6.6).

Слесарные мастерские специализируются на аварийно-восстановительных работах коммунальных сетей и инженерных систем. Их оснащение включает широкий спектр слесарного инструмента, оборудование для механической обработки, компрессорные установки и средства

диагностики, что позволяет оперативно устранять повреждения теплосетей, водопроводов и канализационных систем. Особенностью этих мастерских является наличие специализированных инструментальных комплектов, адаптированных для работы с трубопроводной арматурой различных диаметров.

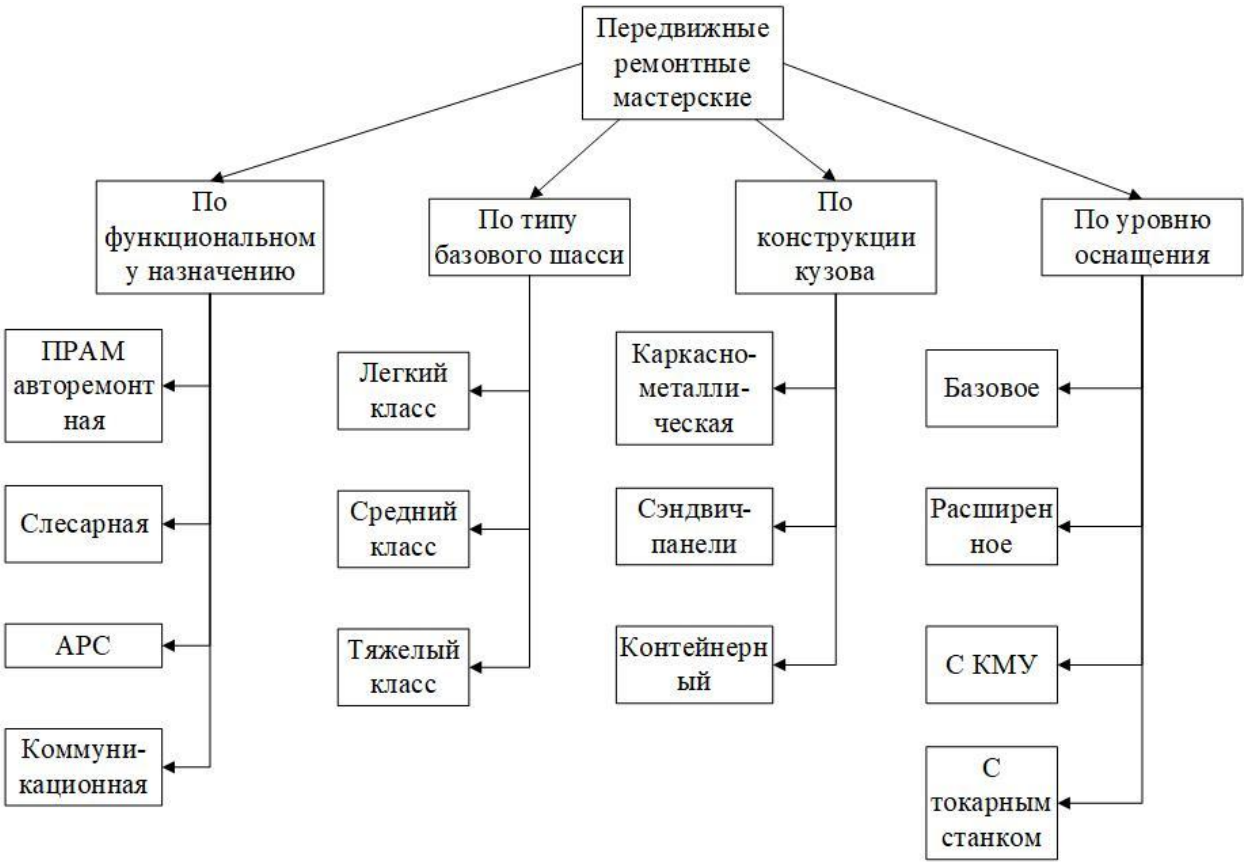


Рис. 6.6. Блок-схема классификации передвижных ремонтных мастерских по основным признакам

Агрегаты ремонтно-сварочные (АРС) представляют собой высокоспециализированные комплексы для выполнения сварочно-монтажных работ на магистральных трубопроводах и газопроводах. Отличительной чертой АРС является наличие мощного дизель-генератора производительностью 100 кВт и более, обеспечивающего одновременную работу четырех сварочных постов с выпрямителями ВД-309 или ВД-306ДК. Дополнительно в комплектацию входит электропечь для прокалки

электродов ППЭ-30 номинальной мощностью до 3 кВт и температурой до 350°С, что критически важно для обеспечения качества сварных швов в полевых условиях.

Коммуникационные мастерские ориентированы на обслуживание и ремонт линий электропередач, оптоволоконных и телекоммуникационных сетей. Их особенностью является наличие специального измерительного оборудования, приборов тестирования кабельных линий, а также телескопических вышек или гидравлических подъемников для работы на высоте. Такие мастерские часто комплектуются дополнительными средствами радиосвязи УКВ-диапазона и автономными системами освещения рабочих зон.

*Универсальные передвижные ремонтные мастерские (ПРМ***)** представляют компактный вариант с базовым набором оборудования, предназначенный для выполнения широкого спектра ремонтных операций. В отличие от специализированных ПАРМ, малые ПРМ имеют одноотсечную конструкцию и комплектуются токарно-винторезным станком, верстаком, прессом, генератором и минимальным набором инструмента. Благодаря компактным габаритам при сохранении функциональности, ПРМ эффективны на объектах с ограниченным пространством маневрирования.

Специализированные мастерские включают узкопрофильные типы: мобильные аккумуляторные мастерские для хранения, зарядки АКБ и ремонта стартеров и генераторов; маслораздаточные комплексы для обслуживания техники смазочными материалами; шиномонтажные мастерские для ремонта и монтажа покрышек тяжелой техники. Эти специализированные варианты позволяют создавать целевые сервисные бригады с максимальной эффективностью для конкретных задач.

Классификация по типу базового шасси

Легкий класс на базе автомобилей ГАЗ-33081 (Садко), ГАЗель NEXT и УАЗ характеризуется колесной формулой 4×4, мощностью двигателя 120–

150 л.с. и грузоподъемностью 1,5–2,5 тонны. Эти шасси обеспечивают приемлемую проходимость при относительно низких эксплуатационных расходах: средний расход топлива составляет 13–22 л/100 км. База шасси 3745–4420 мм и дорожный просвет 170–265 мм позволяют эксплуатировать технику на дорогах с улучшенным покрытием и в условиях умеренного бездорожья. Стоимость базового шасси находится в диапазоне 2,0–3,5 млн рублей, что делает данный класс наиболее экономичным решением для коммунального хозяйства и небольших производственных объектов.

Средний класс представлен шасси КАМАЗ-43502 и КАМАЗ-5350 с колесными формулами 4×4 и 6×6 соответственно. Мощность двигателей составляет 240–285 л.с., грузоподъемность достигает 5,0–8,0 тонн. Шасси среднего класса оборудуются дизельными двигателями КАМАЗ-740 или Cummins ISB экологических классов Евро-4 и Евро-5, обеспечивающими баланс между мощностью и топливной экономичностью при расходе 22–32 л/100 км. Дорожный просвет 320–360 мм и возможность опционального оснащения лебедкой обеспечивают высокую проходимость на строительных площадках и полевых дорогах. Стоимость базовых шасси среднего класса варьируется от 4,5 до 6,5 млн рублей.

Тяжелый класс включает шасси КАМАЗ-43118 и Урал-4320 NEXT с колесной формулой 6×6, являющиеся оптимальным выбором для эксплуатации в условиях Крайнего Севера и районов с экстремальным бездорожьем. Двигатели ЯМЗ-656 или ЯМЗ-536 мощностью 230–312 л.с. и крутящим моментом до 1221 Н·м обеспечивают уверенное движение с полной нагрузкой 10–12,5 тонн. Дорожный просвет 400 мм, стандартное оснащение лебедкой тягой 10–12 тонн и централизованной системой контроля, и регулирования давления в шинах (ЦСКШ) позволяют преодолевать броды глубиной до 1,75 метров и уверенно двигаться по болотистой местности, рыхлому снегу и песчаным грунтам. Расход топлива

составляет 30–42 л/100 км, что является приемлемым показателем для машин данного класса при работе в тяжелых условиях.

Вездеходы и гусеничные платформы представляют специальную категорию для работы в наиболее экстремальных условиях: арктические регионы, заболоченная тундра, горные районы. Снегоболотоходы типа ПРОФИ-МАКС АРКТИКА обеспечивают движение по снегу глубиной до 1,5 метров и преодоление водных преград (рис. 6.7). Однако высокая стоимость, сложность обслуживания и низкая транспортная скорость (до 40 км/ч) ограничивают применение этих платформ узкоспециализированными задачами на удаленных месторождениях и полярных станциях.



Рис. 6.7. Снегоболотоход типа «ПРОФИ-МАКС АРКТИКА»

Классификация по конструкции кузова

Каркасно-металлическая конструкция традиционно представляет собой сварной пространственный каркас из металлических профилей, обшитый снаружи стальными листами толщиной 1,5–2,0 мм с внутренним утеплением минеральной ватой или пенополиуретаном толщиной 50–80 мм. Внутренняя облицовка выполняется из ламинированного ДВП или пластика

ABS, а напольное покрытие — из износостойкого линолеума. Масса такой конструкции составляет 1200–1800 кг, что обеспечивает высокую механическую прочность и долговечность 12–15 лет. Основным преимуществом каркасно-металлической конструкции является высокая ремонтопригодность: поврежденные элементы могут быть заменены в условиях обычной мастерской без специального оборудования. Коэффициент теплопередачи составляет 0,45–0,55 Вт/(м²·°С), что достаточно для эксплуатации при температурах до −45°С.

Трехслойные сэндвич-панели представляют современное решение, состоящее из двух слоев плакированного металла или армированного стеклопластика, между которыми методом вакуумной прессовки или заливки размещается пенополиуретановый утеплитель. Толщина панелей варьируется от 40 до 100 мм в зависимости от климатического исполнения. Для стандартного исполнения применяются панели толщиной 40–60 мм с коэффициентом теплопередачи 0,30–0,40 Вт/(м²·°С), для северного варианта — 80–100 мм с показателем 0,25–0,30 Вт/(м²·°С). Масса конструкции из сэндвич-панелей составляет всего 800–1200 кг, что на 30–40% легче металлического каркасного исполнения. Это позволяет увеличить полезную грузоподъемность и снизить расход топлива на 8–12%. Монолитные сэндвич-панели работают по принципу двутавровой балки, обеспечивая высокую жесткость конструкции без дополнительного внутреннего каркаса. Пенополиуретан обладает низким коэффициентом теплопроводности 0,035 Вт/(м·К), устойчив к гниению и воздействию микроорганизмов, имеет практически нулевое водопоглощение. Срок службы такой конструкции составляет 15–20 лет.

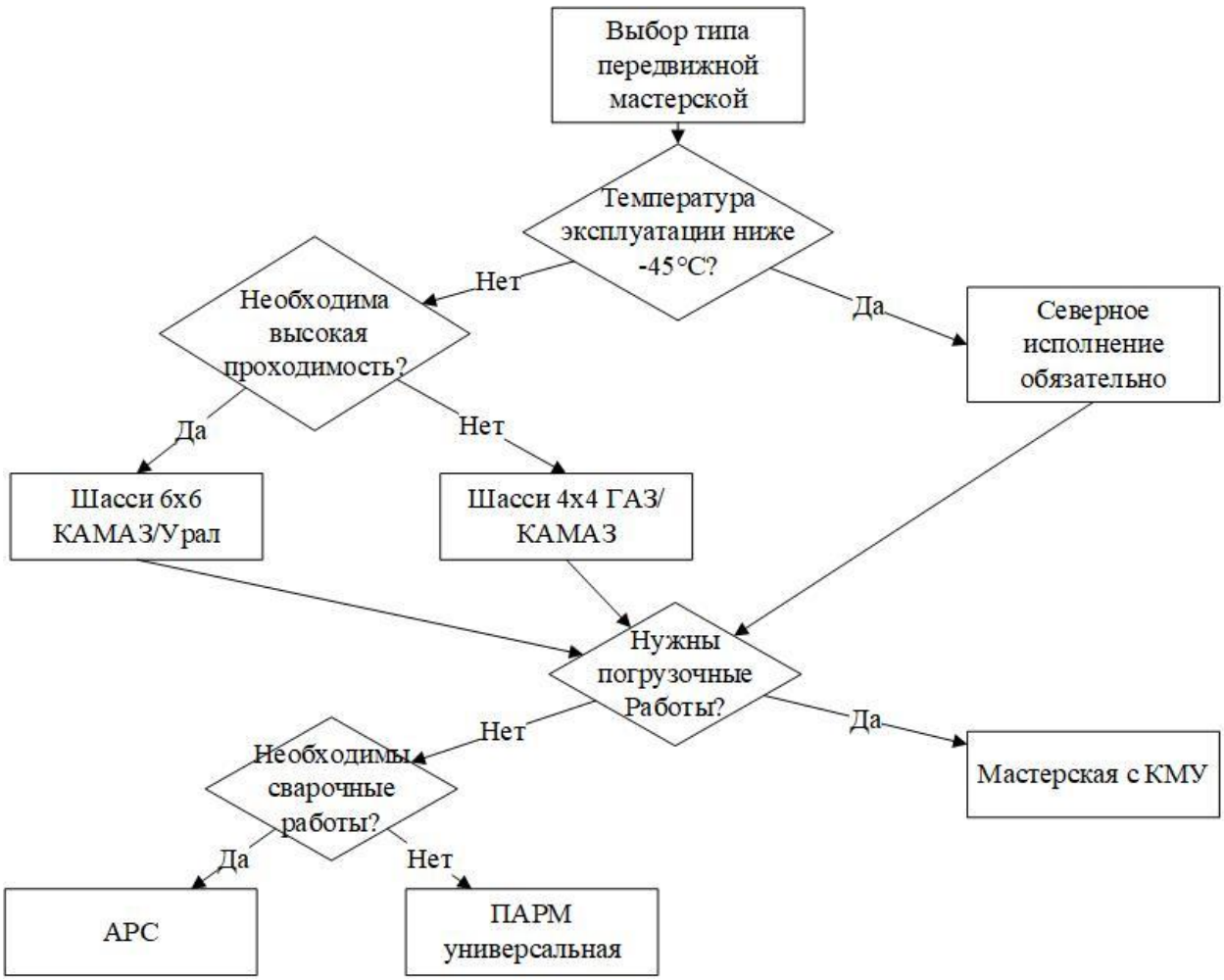


Рис. 6.8. Блок-схема выбора типа передвижной ремонтной мастерской в зависимости от условий эксплуатации

Пятислойные сэндвич-панели используются для наиболее требовательных приложений в условиях Арктики и представляют собой композит из армированного стеклопластика, двух слоев экструдированного пенополистирола Styrofoam и металлической обшивки. Общая толщина панели составляет 80–120 мм, коэффициент теплопередачи — 0,25–0,30 Вт/(м²·°С). Экструдированный пенополистирол Styrofoam плотностью 40 кг/м³ превосходит обычный пенополиуретан по прочности на сдвиг в 2 раза и выдерживает циклические нагрузки без разрушения. Панели обладают превосходной устойчивостью к циклам замораживания-оттаивания, сохраняя свои характеристики при температурах до −60°С. Масса конструкции составляет 900–1400 кг, срок службы достигает 20–25 лет. Основным

недостатком является высокая стоимость и сложность ремонта при повреждениях.

Контейнерный тип базируется на стандартизированных ISO-контейнерах размерами 20 или 40 футов с последующим утеплением и внутренним оборудованием. Толщина утепления составляет 60–100 мм, масса конструкции — 1500–2200 кг. Основными преимуществами контейнерного типа являются высокая механическая прочность, возможность использования стандартных транспортных и погрузочных систем, а также быстрота развертывания на новом месте. Контейнеры обеспечивают срок службы 15–20 лет при коэффициенте теплопередачи 0,35–0,45 Вт/(м²·°С). Недостатками являются ограниченные стандартизированные размеры и больший вес по сравнению с сэндвич-панелями.

Модульные конструкции представляют раздвижные или раскладные системы, позволяющие увеличивать внутреннее рабочее пространство в 2–3 раза после установки на месте эксплуатации. Такие решения комбинируют мобильность транспортного режима с комфортом просторного рабочего помещения на стоянке. Модульные системы особенно эффективны для создания временных ремонтных баз на крупных строительных объектах и месторождениях с длительным циклом работ.

Классификация по уровню оснащения

Базовое оснащение включает минимальный необходимый набор оборудования для проведения простых ремонтных операций: слесарный верстак с комплектом инструмента, тиски, систему внутреннего освещения от бортовой сети 24В, отопитель и средства пожаротушения. Такая комплектация предназначена для выполнения профилактических осмотров, мелкого ремонта, замены узлов и агрегатов без механической обработки. Стоимость базового оснащения составляет 15–20% от общей стоимости мастерской [13].

Расширенное оснащение дополнительно включает металлообрабатывающие станки (токарно-винторезный, сверлильный, заточной), автономный электрогенератор мощностью 20–30 кВт, сварочный выпрямитель ВД-313 с током 60–330 А, газорезательное оборудование с баллонами кислорода и пропана, гидравлический пресс усилием до 20 тонн, компрессорную установку и нагнетатель консистентной смазки. Токарно-винторезный станок типа JET или ИТ позволяет выполнять токарные операции по обработке деталей диаметром до 200 мм и длиной до 500 мм. Сварочное оборудование обеспечивает работу в режимах ручной дуговой и полуавтоматической сварки. Расширенное оснащение повышает стоимость мастерской на 35–45%, но обеспечивает выполнение 80–85% типовых ремонтных операций без привлечения стационарных баз.

Мастерские с кран-манипуляторной установкой (КМУ) оснащаются гидравлическими манипуляторами грузоподъемностью от 2 до 8 тонн-метров, позволяющими выполнять погрузочно-разгрузочные работы, монтаж и демонтаж тяжелых узлов и агрегатов. Наиболее распространены КМУ производства Инман (ИМ-50, ИМ-55, ИМ-77, ИМ-95) и Palfinger с максимальным вылетом стрелы 6–8,25 метров и грузоподъемностью на максимальном вылете 2000–4000 кг. КМУ устанавливается на заднем свесе шасси за кабиной или в средней части рамы, оснащается гидравлическими опорами-аутригерами для обеспечения устойчивости при работе. Дополнительная открытая грузовая платформа позволяет перевозить крупногабаритное оборудование, запасные узлы и материалы массой до 3–5 тонн. Наличие КМУ увеличивает стоимость мастерской на 3,0–5,0 млн рублей, но существенно расширяет функциональные возможности и автономность бригады (Рис. 6.9).

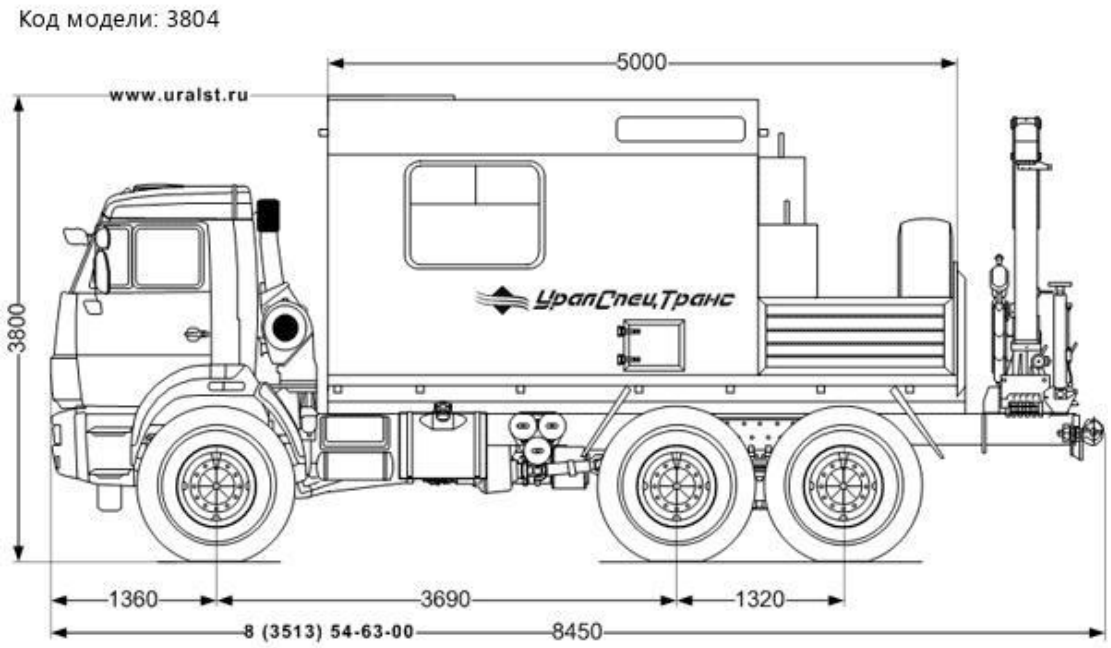


Рис. 6.9. ПАРМ с КМУ ИМ-55 УСТ 5453 КамАЗ-43118

Мастерские с токарным станком представляют наиболее оснащенный вариант, включающий в состав оборудования полноразмерный токарно-винторезный станок с межцентровым расстоянием 500–1000 мм, позволяющий выполнять сложные токарные операции по изготовлению и восстановлению валов, осей, втулок и других деталей непосредственно на месте ремонта. Для обеспечения питания токарного станка и другого электрооборудования устанавливается силовой генератор повышенной мощности 30–40 кВт с приводом от коробки отбора мощности (КОМ) базового шасси или автономный дизель-генератор. Наличие токарного станка критически важно при ремонте техники в удаленных районах, где доставка запасных частей может занимать недели.

Сравнительная характеристика мастерских на различных шасси

ПАРМ на базе ГАЗ представляет экономичное решение для работы в районах с развитой дорожной сетью и умеренными климатическими условиями. Шасси ГАЗ-33081 (Садко) с колесной формулой 4×4 и двигателем ЯМЗ-534 мощностью 149 л.с. обеспечивает грузоподъемность 2,5

тонны при расходе топлива 18–22 л/100 км. Полная масса автомобиля составляет 6,5 тонн, что позволяет эксплуатировать его без специальных разрешений на дорогах общего пользования. Дорожный просвет 265 мм обеспечивает приемлемую проходимость на грунтовых дорогах. Стоимость комплектной мастерской составляет 3,5–5,0 млн рублей. Основными преимуществами являются низкие эксплуатационные расходы, маневренность в городских условиях и доступность запасных частей в любом регионе России. Недостатком является ограниченная грузоподъемность и невозможность установки тяжелого оборудования типа мощных токарных станков.

ПАРМ на базе КАМАЗ 4×4 обеспечивает баланс между проходимостью, грузоподъемностью и стоимостью эксплуатации. Шасси КАМАЗ-43502 или КАМАЗ-5350 с двигателями КАМАЗ-740 или Cummins ISB мощностью 240–285 л.с. позволяют перевозить полезную нагрузку 3,5–5,0 тонн. Колесная формула 4×4 и дорожный просвет 320 мм обеспечивают высокую проходимость на строительных площадках и полевых дорогах. Расход топлива составляет 22–26 л/100 км, что на 20–30% выше по сравнению с шасси ГАЗ, но приемлемо с учетом повышенной грузоподъемности. Стоимость комплектной мастерской находится в диапазоне 6,0–8,0 млн рублей. Мастерские на базе КАМАЗ 4×4 широко применяются на средних строительных объектах, в лесозаготовительной отрасли и на месторождениях с умеренными климатическими условиями.

ПАРМ на базе КАМАЗ/Урал 6×6 представляет наиболее мощный и проходимый класс мастерских, предназначенный для эксплуатации в условиях Крайнего Севера, на нефтегазовых месторождениях и в районах с отсутствием дорожной инфраструктуры. Шасси КАМАЗ-43118 или Урал-4320 NEXT с двигателями ЯМЗ-656 мощностью 230–312 л.с. и колесной формулой 6×6 обеспечивают грузоподъемность 6–12 тонн и максимальную проходимость. Дорожный просвет 400 мм, централизованная система

регулирования давления в шинах (ЦСКШ), механическая лебедка тягой 10–12 тонн и блокировки межосевых и межколесных дифференциалов позволяют преодолевать броды глубиной до 1,5 метров, болотистую местность, глубокий снег и песчаные грунты. Расход топлива составляет 30–40 л/100 км, что является платой за максимальную проходимость и грузоподъемность. Стоимость комплектной мастерской на базе КАМАЗ/Урал 6×6 составляет 10,0–14,0 млн рублей. Эти мастерские могут оснащаться полным комплектом станочного оборудования, включая токарные станки, и обеспечивают автономную работу ремонтной бригады из 5–6 человек в течение нескольких дней.

ПРМ (подвижная ремонтная мастерская) представляет компактный вариант с одноотсечным кузовом на базе шасси КАМАЗ, Урал или Shacman. При грузоподъемности 6–12 тонн и мощности двигателя 230–324 л.с., ПРМ комплектуется базовым набором оборудования: токарно-винторезным станком, верстаком, генератором, прессом и ручным инструментом. Отсутствие пассажирского отсека ограничивает вместимость бригады до 2–3 человек, но обеспечивает максимальное рабочее пространство. Стоимость составляет 9,0–12,0 млн рублей. ПРМ оптимальны для удаленных объектов, где требуется универсальный ремонт без длительного пребывания бригады.

АРС (ремонтно-сварочная мастерская) специализируется на сварочных работах и оснащается мощным дизель-генератором АД 100С-Т400 номинальной мощностью 100 кВт, обеспечивающим одновременную работу четырех сварочных постов. В состав оборудования входят сварочные выпрямители ВД-309 с током 60–330 А, электропечь для прокалки электродов ППЭ-30 с температурой 350°С, комплекты газорезательного оборудования. Кузов выполняется двух- или трехотсечным с отдельным бытовым отсеком для отдыха бригады из 4–6 человек. Стоимость АРС составляет 12,0–16,0 млн рублей. АРС активно применяются на

магистральных газопроводах, нефтепроводах и в строительстве трубопроводных систем.

Мастерская с КМУ дополнительно оснащается кран-манипуляторной установкой Инман ИМ-50, ИМ-77 или ИМ-95 грузоподъемностью 4–8 тонн-метров и максимальным вылетом стрелы 6,8–8,25 метров. Грузоподъемность на максимальном вылете составляет 2000–4000 кг, что позволяет выполнять монтаж и демонтаж двигателей, редукторов, гидравлических систем и других тяжелых узлов. Открытая грузовая платформа за кузовом мастерской обеспечивает перевозку крупногабаритного оборудования массой 3–5 тонн. Стоимость мастерской с КМУ составляет 13,0–18,0 млн рублей, что делает ее самым дорогим вариантом. Однако многофункциональность и возможность выполнения погрузочных работ без привлечения дополнительной техники обеспечивают быструю окупаемость на крупных объектах.

Особенности конструкций кузова для северного исполнения
Передвижные мастерские северного исполнения проектируются в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58760-2024 и ГОСТ 15846-79 для эксплуатации в климатических подрайонах IА, IБ, IГ, IД при температурах от −50 до −60°С. Основным конструктивным отличием является усиленная теплоизоляция с сопротивлением теплопередаче не менее 3,8 м²·°С/Вт, что достигается применением сэндвич-панелей толщиной 80–100 мм или каркасно-металлической конструкции с утеплением толщиной 100–120 мм.

Система отопления северного исполнения включает автономные воздушные отопители типа «Планар-4Д» мощностью до 4 кВт для пассажирского отсека и тосольныеотопители мощностью 18–40 кВт для технологического отсека, обеспечивающие поддержание температуры не менее +15°С внутри помещения при наружной температуре −60°С. Дополнительно устанавливаются предпусковые подогреватели двигателя базового шасси и дизель-генератора. Все воздуховоды, трубопроводы и

электрические кабели прокладываются через специальные герметизирующие манжеты, предотвращающие теплопотери.

Электрооборудование северного исполнения подбирается в соответствии с ГОСТ 15150 для макроклиматического района с холодным климатом (категория УХЛ) и обеспечивает работоспособность при температурах до −60°С. Используются низкотемпературные кабели с морозостойкой изоляцией, аккумуляторные батареи повышенной емкости (2×190 А·ч), специальные смазки и гидравлические жидкости с низкой температурой застывания.

Сварочное оборудование в северном исполнении комплектуется низководородистыми электродами типа УОНИ-13/55 и специальными флюсами, сохраняющими рабочие характеристики при низких температурах. Применяются сварочные выпрямители с защитой от конденсации влаги и электропечи для прокалки электродов, поддерживающие температуру 350°С.

Окна и двери северного исполнения оснащаются двойным или тройным остеклением с терморазрывом и герметизацией силиконовыми уплотнителями. Пол выполняется с усиленной теплоизоляцией и покрывается морозостойким линолеумом или рифленым алюминием. Аварийно-вентиляционные люки оборудуются утепленными крышками с механизмом аварийного открывания изнутри.

Выбор типа мастерской в зависимости от условий эксплуатации

При выборе типа передвижной ремонтной мастерской необходимо учитывать комплекс факторов: климатические условия региона эксплуатации, состояние дорожной инфраструктуры, характер выполняемых работ, численность ремонтной бригады и финансовые возможности заказчика.

Для районов с умеренным климатом (температура не ниже −45°С) и развитой дорожной сетью оптимальным выбором являются мастерские на базе шасси ГАЗ или КАМАЗ 4×4 в стандартном исполнении. Коэффициент

теплопередачи 0,45–0,55 Вт/(м²·°С) обеспечивает комфортные условия работы при использовании стандартных отопителей мощностью 18–20 кВт. Стоимость эксплуатации минимальна благодаря расходу топлива 18–26 л/100 км.

Для районов Крайнего Севера (температура ниже −45°С до −60°С) обязательно применение мастерских северного исполнения на базе тяжелых шасси КАМАЗ/Урал 6×6 с усиленной теплоизоляцией (коэффициент теплопередачи 0,25–0,35 Вт/(м²·°С)) и отопителями мощностью 37–40 кВт. Наличие ЦСКШ и лебедки является обязательным требованием для обеспечения проходимости по заснеженным и заболоченным участкам.

При необходимости выполнения погрузочных работ целесообразен выбор мастерской с КМУ грузоподъемностью, соответствующей массе демонтируемых узлов: для двигателей и редукторов достаточно КМУ 4–5 тм, для крупногабаритных гидравлических систем требуется 7–8 тм. Наличие открытой грузовой платформы расширяет логистические возможности бригады.

Для специализированных сварочных работ на трубопроводах оптимален выбор АРС с мощным генератором 100 кВт, обеспечивающим одновременную работу четырех постов. При универсальных ремонтных работах предпочтительны ПАРМ с расширенным оснащением, включающим токарный станок.

Экономический анализ показывает, что использование передвижных мастерских сокращает время простоя оборудования на 40–60% по сравнению с доставкой техники на стационарные базы, снижает транспортные расходы в 2–3 раза и повышает общую эффективность производственных процессов на 25–35%. По оценкам подрядчиков, работающих в Ямало-Ненецком автономном округе, использование техники северного исполнения и передвижных сервис-центров сокращает аварийные простои в 2–3 раза по сравнению с обычными машинами и традиционной системой обслуживания.

Таким образом, современная классификация передвижных ремонтных мастерских по четырем основным признакам — функциональному назначению, типу шасси, конструкции кузова и уровню оснащения — позволяет осуществить обоснованный выбор оптимального варианта для конкретных условий эксплуатации. Правильный подбор типа мастерской с учетом климатических факторов, требований к проходимости и характера выполняемых работ обеспечивает максимальную эффективность ремонтных операций и минимизацию эксплуатационных затрат.

6.3. Современные подвижные мастерские

Приведенные в разделе 6.2. классификация, основные требования и устройство подвижных мастерских для работы в северных условиях реализуются в ряде подвижных мастерских, выпускаемых в настоящее время. В зависимости от назначения эти мастерские могут иметь базой один или несколько автомобилей, автомобильные прицепы, гусеничные транспортеры или контейнеры, перевозимые на автомобилях.

Рассмотрим несколько таких мастерских.

Мастерская ПМ(ТОР) предназначена для проведения технического обслуживания и текущего ремонта строительной и дорожной техники и автомобилей-самосвалов на транспортном строительстве. Она смонтирована на автомобиле КамАЗ-6560 с колесной формулой 8х8 с крано-манипуляторной установкой. Ее оборудование позволяет проводить практически весь комплекс работ технического обслуживания, включая контрольно-диагностические работы. Станочное и сварочное оборудование позволяет выполнять большую номенклатуру работ по текущему ремонту. По сравнению с ранее выпускавшимися аналогичными мастерскими (см. раздел 6.1) эта мастерская имеет и большую рабочую площадь, и

современное оборудование. Мастерская рассчитана на эксплуатацию при температурах от -40 до +40ºС.

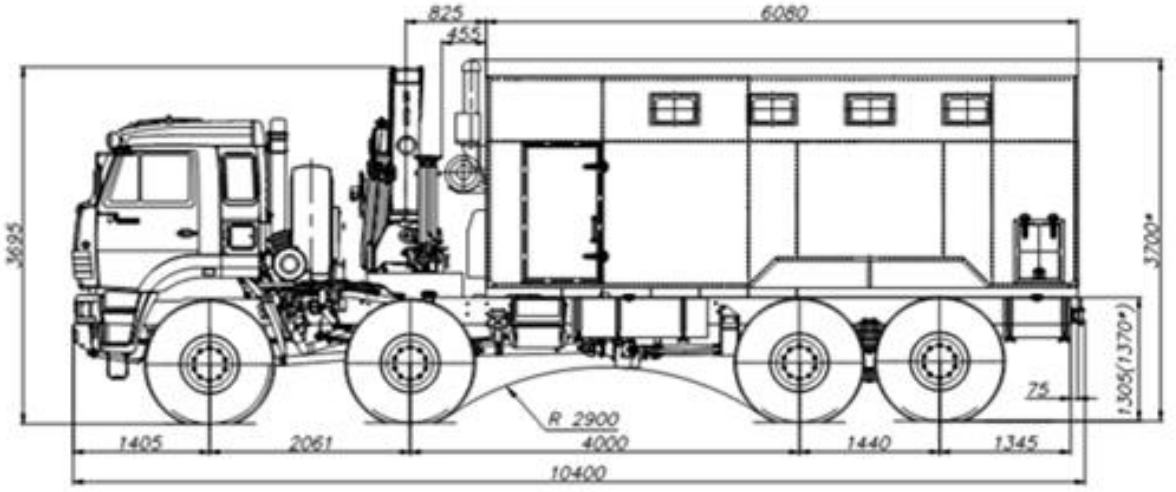


Рис. 6.10. Мастерская ПМ (ТОР) на автомобиле КамАЗ-6560

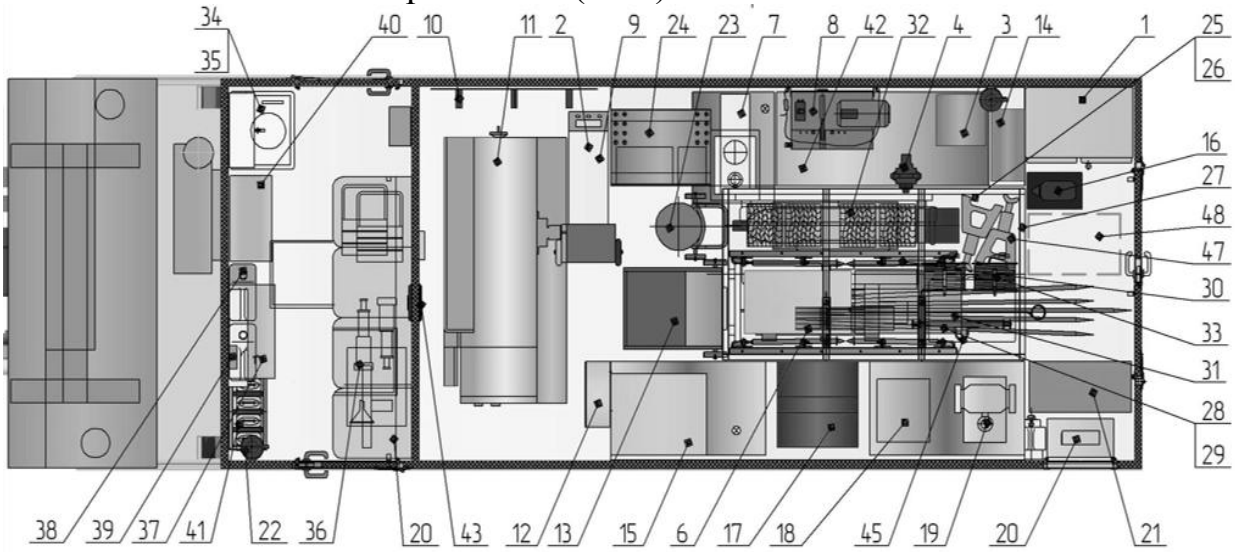


Рис. 6.11. Размещение основного оборудования в кузове мастерской.
1 - шкаф для емкостей; 2 - сварочный полуавтомат; 3 - стенд для испытания и регулировки форсунок; 4 - тиски; 6 – пресс для пальцев и втулок; 7 – настольный сверлильный станок; 8 – отрезной станок; 9 - выносное оборудование; 10- стеллаж; 11 – станок токарный универсальный ИЖ-250; 12 – стабилизатор наплавочного комплекта; 13 – расточно-наплавочный комплекс; 14 –аппарат плазменной резки; 15 – обжимной станок для рукавов; 16 – наковальня; 17 – пресс гидравлический; 18- вулканизатор; 19 – заточной станок; 20 - электрошкаф; 21 – компрессор; 22 – огнетушитель; 23- раздатчик масел; 24 – окорочный станок; 25,26 –настил; 27 – выносной стол; 28 – диодный прожектор на штативе; 30- разборный верстак; 31 – палатка; 37 – столик; 40- шкаф для одежды; 45 – траверса разгрузки наплавочно-расточного комплекта; 48 – генератор

Автомобиль КамАЗ 6560 имеет две коробки отбора мощности, от которых приводятся генератор мощностью 30 кВт и лебедка тяговым усилием 10 т. На шасси смонтирован кузов-фургон КФС-6, который оборудован отопительной установкой ОВ-65 и кондиционером. Кузов состоит из двух изолированных отсеков. Передний отсек предназначен для доставки четырех человек к месту работы и размещению имущества и электрощита. В заднем отсеке установлено станочное и сварочное оборудование, верстаки и выносной контейнер-склад для развертывания рабочих постов в палатках.

Кран-манипулятор КМУ-10К грузоподъемностью 4 т имеет высоту подъема до 11,6 м и вылет от 2 до 8,5 м, что обеспечивает проведение монтажных работ на большинстве техники. Для работы с КМУ-10К имеется траверса и комплект стропов. Управление краном с обеих сторон и с выносного пульта.

Оборудование мастерской позволяет развертывать пять ремонтных постов: пост токарных, сверлильных и заточных работ и пост электромеханических работ и регулировки дизельной аппаратуры в кузове машины, посты сварочных и наплавочно-расточных работ, диагностических, слесарно-механических и смазочных работ в палатках 3х3 м и пост моечных и монтажных работ с использованием КМУ-10К. Для развертывания наружных постов предусмотрена кабельная сеть на 220 В.

Следует отметить расширение возможностей этой мастерской по сравнению с предыдущими аналогами – наличие КМУ-10К, сварочного полуавтомата, плазменной резки, наплавочно-расточного комплекта. Это дает возможность ремонтировать ходовую часть гусеничных машин. Ижевский токарный станок ИЖ-250 с высотой центров 150 мм и РМЦ 500 мм значительно точнее и надежнее ранее применявшихся в аналогичных мастерских станках Ереванского завода. Очень важно наличие оборудования для очистки гидрожидкости. В зимнее время для обслуживания и ремонта

техники на севере необходимо иметь дополнительно помещение для внешних постов и прогрева ремонтируемой или обслуживаемой техники.

Подвижный ремонтный комплекс ПРК-1М предназначен для выполнения текущего и среднего ремонта строительной техники, а также ее сервисного и технического обслуживания на объектах строительных работ в режиме автономного или внешнего энергоснабжения. Комплекс поставляется и в комплекте и отдельными мастерскими по требованию заказчика. Системы отопления мастерских рассчитаны на эксплуатацию до -40°С.

В состав мастерских входит:

- слесарно-ремонтная мастерская МТО СРМ;
- ремонтно-диагностическая мастерская РДМ;
- аккумуляторная мастерская;
- мастерская «Гидросервис»;
- мастерская токарных работ ММТ;
- мастерская токарно-фрезерных работ ММТФ;
- автомобиль с крано-манипуляторной установкой;
- энергоблок мощностью 60 кВт.

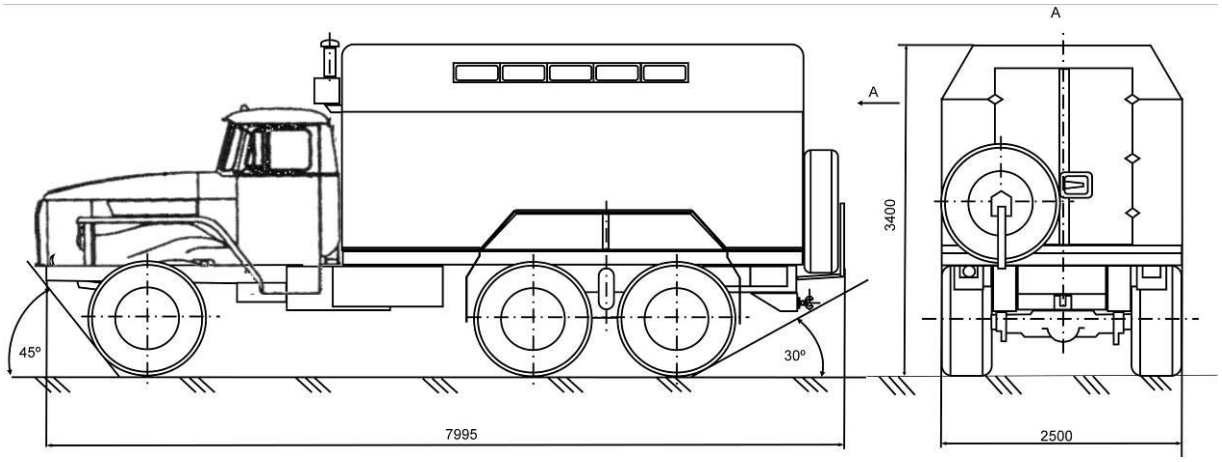


Рис. 6.12. Общий вид мастерской на автомобиле Урал-43203

Оборудование мастерской ПРК-1М установлено на автомобилях Урал-43203 (МТО СРМ, РДМ, автомобиль с КМУ), остальные мастерские – на автомобильных двухосных прицепах СЗАП-8357.

Кузов-фургон КУМ-У2/1 применяется для всех мастерских, включая энергоблок. Кузов каркасный, снаружи обшит стальным листом, внутри – бакелизированной фанерой. Кузов утеплен, снабжен отопительно-вентиляционной установкой.

Слесарно-ремонтная мастерская МТО СРМ предназначена для технического обслуживания строительной техники и состоит из слесарной мастерской на автомобиле, каркасной палатки размером 6х15 м и сварочного агрегата на одноосном прицепе. В кузове на двух верстаках установлены заточной и настольный сверлильный станки, электровулканизатор, прибор для испытания и регулировки форсунок, гидропресс.

Палатка предназначена для выполнения работ непосредственно на машине, она перевозится на двухосном прицепе с тентом. На прицепе также перевозятся пять складных верстаков, сборный 3-тонный козловой кран с ручной талью и другое оборудование. Палатка имеет высоту по центру 6,5 м, что позволяет размещать в ней технику и работать с краном. Отопление палатки теплогенератором.

Ремонтно-диагностическая мастерская РДМ предназначена для выполнения работ по диагностике строительных машин и выполнению работ по устранению неисправностей и отказов. Соответственно она оснащена оборудованием для диагностики двигателей, электрооборудования и гидросистем, а также оборудованием для выполнения слесарно-монтажных работ.

Мастерская «Гидросервис» предназначена для обслуживания гидросистем строительных машин. В ней смонтированы емкости для чистой и загрязненной гидрожидкости, устройство для очистки гидрожидкости с центрифугой, оборудования для контроля состояния гидросистем.

Мастерские ММТ и ММТФ предназначены для выполнения токарных и фрезерных работ при текущем и среднем ремонте строительной техники, они устанавливаются в месте развертывания ремонтной базы, их

энергоснабжение предусмотрено от внешних источников. В мастерских установлено современное станочное оборудование, позволяющее выполнять большую номенклатуру станочных работ при восстановлении и изготовлении деталей.

Мастерские ПМ(ТОР) и ПРИК-1М использовались железнодорожными войсками в настоящее время на строительстве вторых путей БАМа в Амурской области для обслуживания и ремонта строительной техники. Кроме того, там же для обслуживания и ремонта автомобилей и строительной техники использовались мастерские в специальных контейнерах, перевозимых на автомобилях (рис. 6.13).



Рис. 6.13. Мастерская технического обслуживания в контейнере

Мастерские в контейнерах размещались на базах непосредственно вблизи объектов. Они представляли собой слесарную мастерскую, электроремонтную мастерскую или аккумуляторную. Контейнеры

утепленные, обогреваются отопительно-вентиляционными установками, энергоснабжение от внешнего источника. При наличии современных транспортных средств и кранов перевозка и погрузка контейнеров не составляет проблем, но не задействуются постоянно дорогие автомобили.

Специально для использования в северных районах разработано несколько подвижных мастерских, которые используются нефтяниками, газовиками и на строительстве ЛЭП.

Например, подвижные мастерские для нефтяников ***«Горизонт»*** на шасси гусеничных снегоболотоходов Урал-5920 выпускались до 1989 г и находятся в эксплуатации в настоящее время (рис. 6.14).



Рис. 6.14. Мастерская «Горизонт» на базе гусеничного снегоболотохода Урал-5920

Мастерская может эксплуатироваться при температуре от -60 до +40ºС. Грузоподъемность машины 8 т, что позволяет перевозить необходимое для ремонта оборудование и детали. Машина может двигаться по переувлажненной или заболоченной местности, а также по снежному покрову.

Завод Гирд Миасс выпускает ***мастерскую ПАРМ*** на автомобиле КамАЗ-43118 с колесной формулой 6х6. Кузов – фургон бескаркасный из

сэндвич-панелей с боковым входом. На задней части рамы автомобиля имеется открытая площадка и смонтирована крано-манипуляторная установка Palfinger RK 4200 максимальной грузоподъемностью 990 кг.

В кузове смонтированы токарный станок типа Jet1340, 20-тонный пресс, верстак с тисками и заточным станком. Газорезательное оборудование включает баллоны для пропана и кислорода, установленные в специальной нише. Мастерская может использоваться для ремонта и автомобилей и строительной техники (рис. 6.15).



Рис. 6.15. Мастерская ПАРМ на базе автомобиля КамАЗ-43118

Нижегородский завод «СпецТехПром» выпускает мастерскую ***РЖМ «Арктика»*** на базе автомобиля ГАЗ-С41А23 Sadko Next с колесной формулой 4х4 (рис. 6.16). Дизельный двигатель ЯМЗ 534 мощностью 149 л.с. Кабина в северном варианте, в комплектации «Арктика» предусмотрен электроподогрев двигателя, зеркал, топливного фильтра и топливозаборника, утепление капота и радиатора, замена пластиковых трубопроводов на медные.



Рис. 6.16. Мастерская РЖМ «Арктика» на базе ГАЗ-С41А23

Фургон стальной прямоугольный каркасного типа или сэндвич, утепление – пенополистирол 80 мм, снаружи стальной лист, внутри – рифленый алюминиевый. Кузов снабжен автономным отопителем, имеется механическая кран-балка грузоподъемностью 500 кг. Энергоснабжение – бензиновый агрегат в кузове. Площадь кузова – 8,7 кв. м, поэтому из оборудования предусмотрен только верстак и рундук для сиденья. Остальное необходимое оборудование комплектуется заказчиком.

Кроме универсальных, выпускаются и специализированные мастерские. Так, для Харьягинского нефтяного месторождения в Заполярье разработана подвижная ***мастерская ПКТБА*** для пневматических испытаний предохранительных клапанов на нефтяных скважинах. Она оборудована компрессором и испытательным стендом и может работать при температурах от -50 до +40ºС за счет обогреваемого отопителем кузова и доработки автомобиля для эксплуатации при низких температурах.

6.4. Зарубежные мастерские в северном исполнении

За рубежом выпускаются мастерские для обслуживания и ремонта техники, аналогичные мастерским, рассмотренным в параграфе 6.1. В основном они предназначены для обслуживания и ремонта техники для

дорожного и железнодорожного строительства и строительства магистральных трубопроводов. Такие мастерские могут быть выполнены в обычном или северном варианте, например, мастерские «Банзай».

Японские мастерские ***«Банзай»*** в северном исполнении были закуплены для работы на БАМе и применялись, преимущественно, на Центральном участке. Мастерские состояли из двух автомобилей «Исусу» и двухосного прицепа.

Слесарная мастерская размещается на трехосном автомобиле со всеми ведущими мостами и лебедкой. Теплоизоляция кузова – полиуретановый пенопласт, обогрев – отопительной установкой «Микуни», работающей на дизельном топливе. Установка обеспечивает температуру в кузове в пределах 10-16ºС с помощью терморегулятора при сорокаградусных морозах. Дизельный двигатель автомобиля оборудован предпусковым подогревателем, работающим на дизельном топливе. Подогреватель при запуске обогревает и аккумуляторные батареи. Пуск двигателя облегчается за счет работы электроподогревателя всасываемого воздуха. В кабине имеется электрообогрев лобового стекла.

В дизель-генераторном отсеке в передней части кузова установлен дизельный двигатель с генератором переменного тока мощностью 25 кВ.А и сварочным генератором. Для пуска двигателя при температурах ниже -16ºС установлен комбинированный подогреватель воздуха, состоящий из электрофакельного и спирального подогревателей. Холодный запуск двигателя возможен при температуре до -30ºС, при более низких температурах двигатель подогревается при помощи отопителя кузова.

В прицепе с аналогичным дизельгенераторным отсеком размещается механическая мастерская. В кузове установлены токарно-винторезный и настольный сверлильный станок, гидравлический пресс и оборудование для шлифовки клапанов.

Слесарная мастерская и прицеп размещаются на объекте, смазочная станция выезжает для обслуживания техники на месте работы.

Смазочная станция размещена на таком же автомобиле с силовым отсеком, но без сварочного генератора. В кузове по боковым стенам установлены два бака вместимостью по 1050 л каждый для гидрожидкости и моторного масла. Раздача масел осуществляется насосами с пневмоприводом через шланги с самонаматывающимися барабанами. В баки встроены ТЭНы мощностью 5 кВт. Трансмиссионные масла, расход которых меньше, перевозятся в бочках, оборудованных съемными ленточными электронагревателями мощностью 1 кВт. Для раздачи масел из бочек устанавливаются съемные пневматические насосы. Для подъема бочек в кузов для замены опорожненных установлен гидравлический подъемник. Заправка пластичными смазками осуществляется с помощью ручных солидолонагнетателей и шприцов.

Мастерские «Банзай» оснащены большим комплектом ручного механизированного инструмента. Для местного подогрева при ремонте в мастерских имеются горелки, представляющие собой двухкилограммовые банки с желеобразным спиртом.



Рис. 6.17. Мастерская «Оренштайн унд Коппель»

Более мощные зарубежные мастерские в северном исполнении выпускался в ФРГ фирмой ***«Ореншгайн унд Коппель»*** и поставлялся на БАМ в рамках общего соглашения с ФРГ о закупках автомобильной техники.

Мастерские (рис 6.16) состоят из слесарной мастерской на автомобиле «Магирус 290D» грузоподъемностью 16 т, механической мастерской на двухосном прицепе и смазочной станции на 10-тонном автомобиле «Магирус-232Д». Мастерские рассчитаны на работу при температуре -40ºС.

Для обеспечения автономности каждая единица имеет собственную энергетическую установку, размещающуюся в специальном отсеке в передней части кузова. Кузова аналогичны по конструкции, стены и крыша типа «сэндвич», в качестве утеплителя применен полиуретановый пенопласт.

Обогрев кузовов осуществляется двумя независимо работающими отопительно-вентиляционными установками. Мощность дизель-генераторной установки 20 кВ.А.

Слесарная мастерские имеют моечное, электро- и газосварочное оборудование, малогабаритный настольный токарный станок, электродрель с магнитным столом, заточной станок, набор механизированного и слесарного инструмента, приборы для контроля гидросистем, форсунок и проверки электрооборудования.

В механической мастерской установлены токарный, сверлильно-фрезерный, настольный сверлильный и заточной станки. Мастерская снабжена комплектом механизированного и слесарного инструмента.

В смазочной станции установлены четыре емкости по 1000 л, соединенные попарно. Для каждой пары емкостей имеется насосная установка с электрическими лопастными насосами, барабан со шлангом и заправочным пистолетом. Насосы реверсивные, они могут работать как на выдачу, так и на закачку смазок.

Пластичные смазки хранятся в бочках и раздаются с помощью насосов высокого давления с пневмодвигателями, устанавливаемых на бочках.

Питание пневмосистемы от компрессора, смонтированного на крыше дизельгенераторной установки.

Мастерские «Банзай» применялись на БАМе для обслуживания и ремонта преимущественно японской техники – бульдозеров «Комацу», экскаваторов «КАТО» и бурильных установок, что позволял имеющийся в мастерских комплект оборудования, мастерские «Орештайн унд Коппель» использовались для текущего ремонта и обслуживания строительной техники и автомобилей.

Современные подвижные мастерские, приспособленные к работе в условиях Севера, выпускают как для нужд вооруженных сил, так и для использования при строительстве автомобильных и железных дорог и трубопроводов. Они базируются на автомобилях повышенной проходимости, имеют утепленный обогреваемый кузов, собственную энергетическую установку. Рассмотрим несколько таких мастерских.

Передвижная авторемонтная мастерская универсального назначения **Bedford TM 4x4** (Великобритания) предназначена для ремонта и ТО автомобильной и гусеничной техники, используется также для ремонта строительной техники. Она смонтирована на внедорожнике Бедфорд 4х4 с двигателем 250 л.с. и лебедкой. Кузов-фургон каркасный, снаружи обшит стальным листом, внутри – пластиком, нижняя часть кузова внутри обшита оцинкованным стальным листом, пол покрыт рифленой резиной, у токарного станка – оцинкованным листом. Утеплитель – пенополистирол, окна с двойным остеклением. Кузов снабжен автономной отопительной установкой. Для удобства загрузки кузова в боковой стенке имеется сдвижная дверь. Мастерская рассчитана на работу при температурах от -50 до +50^{o}С.



Рис. 6.18. Передвижная авторемонтная мастерская Bedford TM 4x4

Энергоснабжение мастерской от генератора мощностью 30 кВА с приводом от вала отбора мощности двигателя.

В передней части кузова установлен специализированный токарно-винторезный станок с высотой центров 210 мм и ЧПУ типа Colchester Master 2500, расстояние между центрами – 635 мм. На станке имеется приспособление для выполнения фрезерных и шлифовальных работ. На двух верстаках установлены настольный сверлильный и точильно-шлифовальный станки. В комплект оборудования входит инструмент, нагнетатель консистентной смазки, гидравлический ручной 10-тонный пресс, телескопическая мачта для освещения. В мастерской установлен сварочный выпрямитель мощностью 16,5 кВт, в комплектацию входит газорезательное и сварочное оборудование.

Выпускается и вариант этой мастерской с более мощным генератором (50 кВА) и сварочным полуавтоматом, позволяющим вести сварку под водой, сварку чугуна, алюминия и нержавеющей стали.

Мастерская **Iveco Magirus 110** 4x4 предназначена для армий ФРГ, Дании и Нидерландов. Она может выполнять ремонт колесной, тракторной и гусеничной техники, а также плановые ТО. Мастерская смонтирована в кузове автомобиля Magirus 110 4x4 с двигателем Deutz BF6L мощностью 180 л.с. и гидравлической лебедкой. Кузов по конструкции не отличается от описанного выше. Отличие в том, что питание мастерской осуществляется от

автономной электросиловой установки мощностью 25 кВА марки Hunting-Plessey с приводом от двигателя фирмы Форд. Установка размещена на раме автомобиля между кабиной и кузовом.

В передней части кузова установлен токарный станок Colchester Master 250 с ЧПУ, на двух верстаках смонтированы настольный сверлильный станок, заточной двухсторонний станок, гидравлический 10-тонный пресс и тиски. Все приспособления и инструмент находятся в ящиках верстаков. Имеется выносная телескопическая мачта освещения и нагнетатель консистентной смазки. Сварочный агрегат предназначен для сварки электродами и полуавтоматической сварки в среде защитных газов и порошковой проволокой, имеется газосварочное оборудование.

В целом оборудование мастерской во многом соответствует оборудованию мастерской Bedford TM 4x4 в соответствии со стандартами НАТО для использования в любых климатических зонах.

Подобные мастерские типа **MMRS** выпускаются в США как для армии, так и для использования при строительстве на Аляске.

Мастерские контейнерного типа разработаны в ФРГ на базе полноприводных шасси 6x6 Iveco Bedford Mercedes-Benz MAN. Кузов-контейнер специальный без окон, утепленный с встроенной системой отопления и кондиционирования. Питание от дизель-генератора 50 кВА. В комплект входят автономный отопитель и телескопическая мачта освещения, есть варианты с гидравлическим краном-манипулятором. Ремонтное оборудование с универсальным токарным станком с ЧПУ аналогично описанному выше, сварочное оборудование выделено в отдельный отсек, в случае необходимости может выноситься из контейнера для выполнения работ на машине.

Контейнер может сниматься с машины и устанавливаться в месте работы ремонтного подразделения. Размещение нескольких контейнеров на

ремонтной базе позволяет организовать ремонт техники вплоть до среднего ремонта.



Рис. 6.19. Передвижная контейнерная мастерская на шасси Iveco Bedford Mercedes-Benz MAN с гидравлическим краном (слева) и без крана.

Аналогичная мастерская **MANCATSXA1 Military 8x8** на базе шасси MANCAT SX 8x8 с двигателем 360 л.с. производства Великобритания имеет кузов каркасной конструкции, покрытый оцинкованной сталью с полимерным покрытием. Кузов имеет окна со стеклопакетами. В кузове имеется отделение для отдыха персонала. В остальном они мало отличаются от рассмотренных выше.

Автомастерская-эвакуатор (ФРГ) предназначена для эвакуации поврежденной колесной техники и ее подготовки к эвакуации, а также для выполнения всего комплекса работ по обслуживанию и ремонту колесной и гусеничной техники. Ее базой служит автомобиль MAN 44.440 с колесной формулой 8x8 и двигателем MAN D2480 V10 мощностью 440 л.с. Для обеспечения высокой проходимости автомобиль имеет блокировку четырех межколесных и трех межосевых дифференциалов. Для эвакуационных работ имеется две лебедки. Кузов типа «изотермический фургон» каркасной конструкции с автономной отопительной установкой, кроме станочного и другого ремонтного оборудования имеет места для отдыха, в том числе в виде подвесных гамаков. Мастерская оснащена автономной электросиловой

установкой Bobinidus мощностью 50 кВ.А с дизельным двигателем Deutz F6L 912.

В целом современные подвижные мастерские по комплектации в принципе мало отличаются от тех, которые выпускались в период строительства БАМа, только оборудование более современное. Ряд оборудования, например, универсальный токарный станок и сварочное оборудование отличается применением электроники и универсальностью, что, конечно, расширяет возможности этих ремонтных средств, но в целом комплект не сильно изменился.

В России фирма **Helper** на своем заводе в Краснослободске выпускает мастерские на базе автомобилей разных марок и контейнеров – Helper-VAN, Helper-TRUCK и Helper-Container. Мастерская внутри оборудована верстаками с настольными сверлильным и заточным станками, комплектом инструмента. По желанию заказчика в комплект может входить выносной бензиновый или дизельный электроагрегат, пускозарядочное устройство, компрессор, теплогенератор и сварочный агрегат Spotter на 500 А (рис. 6.20). Фирма использует как импортное, так и российское оборудование, автомобили преимущественно российских заводов.



Рис. 6.20. Сервисная контейнер-мастерская для организации локальных ремонтных постов в полевых условиях и в труднодоступных районах местности фирмы Helper

Преимущества и недостатки зарубежных ПРАМ в сравнении с российскими аналогами

Преимущества. Зарубежные передвижные ремонтные автомастерские обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с российскими аналогами, которые проявляются в технологической оснащенности, качестве исполнения, организации рабочего процесса и системном подходе к эксплуатации. Рассмотрим детально ключевые конкурентные преимущества иностранных решений.

Зарубежные производители, такие как французская компания Arquus (ранее Renault Trucks Defense), чешская ALFAVARIA Car и американские производители, интегрируют в свои мобильные мастерские значительно более высокий уровень автоматизации. Современные европейские мастерские оборудуются диагностическими системами, которые автоматически считывают параметры техники и формируют отчеты о техническом состоянии. В отличие от российских ПАРМ, где большинство операций выполняется вручную, зарубежные решения предлагают автоматизированные подъемные системы с электронным управлением, цифровую документацию и системы удаленного мониторинга.

Европейские производители активно внедряют технологии Industry 4.0, включая интеграцию с системами управления парком техники, что позволяет в режиме реального времени отслеживать статус ремонтов, загрузку мастерской и эффективность работы персонала. Российские передвижные мастерские, даже используя импортное оборудование, чаще всего ограничиваются базовой функциональностью без системной интеграции.

Принципиальное отличие зарубежных мастерских заключается в качестве используемых комплектующих. Европейские производители применяют компоненты от мировых лидеров: системы ЧПУ от Siemens и Fanuc, гидравлику от Bosch Rexroth, подшипники SKF или FAG, электронику ведущих брендов. Эти комплектующие отличаются высокой надежностью,

длительным сроком службы и стабильными характеристиками в различных условиях эксплуатации.

Российское производство сталкивается с системными проблемами в области компонентной базы. По данным отраслевых исследований, около 90% «российских» станков фактически представляют собой сборку из китайских или европейских компонентов. Более того, даже при использовании импортных деталей российские производители сталкиваются с дефицитом качественных материалов, отсутствием необходимых технологий и проблемой фальсификата. Особенно остро стоит проблема с электроникой и системами управления, где доля импорта превышает 55%, а большая часть «российской» продукции собрана из зарубежных составляющих.

Европейские стандарты эргономики рабочих мест, заложенные в ISO 45001:2018 и требования OSHA, предъявляют строгие требования к организации пространства передвижных мастерских. Зарубежные производители применяют научно обоснованный подход к планировке, основанный на антропометрических данных и принципах минимизации непродуктивных движений.

Современные европейские мобильные мастерские организуются по модульному принципу: отдельные контейнеры под различные задачи (инструментальный, складской, офис менеджера, санитарный блок, бытовые помещения). Такое зонирование обеспечивает четкое разделение «чистых» и «грязных» операций, оптимальные проходы между рабочими зонами (минимум 1,2 метра для безопасного передвижения) и эргономичное размещение оборудования.

Российские ПАРМ, как правило, представляют собой единое пространство в кузове-фургоне с возможным разделением на рабочий и пассажирский отсек простой перегородкой. Системный подход к эргономике

и научно обоснованная планировка встречаются редко, организация пространства часто решается эмпирически.

Недостатки. Зарубежные передвижные ремонтные автомастерские, несмотря на технологические преимущества, обладают значительными недостатками при эксплуатации в российских условиях. Эти недостатки охватывают экономические, технические, климатические и организационные аспекты, что существенно ограничивает их применимость по сравнению с отечественными аналогами.

Экономические. Зарубежные передвижные мастерские стоят на 30-50% дороже российских аналогов, что создает значительный барьер для их приобретения. Эта разница обусловлена не только собственно стоимостью оборудования, но и комплексом сопутствующих расходов: таможенное оформление, логистика, страхование грузов и услуги брокеров. При этом окончательная стоимость зависит от множества факторов, включая курсовые колебания валют, что создает дополнительную финансовую неопределенность.

Длительные сроки поставки. Критическим недостатком зарубежных мастерских являются сроки поставки, составляющие от 3 до 6 месяцев с учетом производства, транспортировки и таможенного оформления. Для сравнения, российские производители изготавливают передвижные мастерские за 1-2 месяца. Даже при использовании наиболее быстрых логистических маршрутов — авиаперевозок из Европы (5-7 дней) или железнодорожной доставки (16-18 дней) — итоговые сроки оказываются значительно длиннее из-за времени на производство и таможенные процедуры.

Критические проблемы сервисного обслуживания. Главной эксплуатационной проблемой зарубежного оборудования в условиях санкционных ограничений стала недоступность оригинальных запасных частей. Западные компании полностью или частично прекратили поставки в

Россию, создав дефицит критически важных компонентов. Особенно остро ощущается нехватка наиболее дорогих комплектующих — электронных блоков управления, двигателей, гидравлических систем и специализированных датчиков.

Западные компании, покинувшие российский рынок, прекратили выполнение своих сервисных обязательств и не готовы вкладывать средства в гарантийное обслуживание на территории России. В результате владельцы зарубежных мастерских вынуждены либо обращаться к независимым сервисным центрам (которые часто не обладают необходимыми компетенциями), либо пытаться организовать ремонт собственными силами.

Ограниченный срок службы и отсутствие запаса прочности. Принципиальное отличие зарубежного и российского подходов к проектированию оборудования заключается в философии жизненного цикла. Для российской практики характерно стремление к максимизации срока службы оборудования за счет закладки значительных запасов прочности и проведения широкого комплекса ремонтных работ. Зарубежные производители, напротив, стремятся минимизировать работы по техническому обслуживанию и ремонту в рамках предустановленного срока службы с последующей плановой заменой оборудования.

Как следствие, зарубежное оборудование проектируется под заданный срок службы практически без запасов прочности относительно планируемых нагрузок. Рассчитывается минимально необходимый, но обязательный объем работ по техническому обслуживанию, и в идеале предполагается, что оборудование должно отработать свой срок без капитального ремонта. Преимущественное внимание уделяется профилактическому обслуживанию и быстрой поузловой замене сменных элементов.

Практика эксплуатации зарубежного оборудования показывает, что гарантийный срок службы составляет, как правило, 3-5 лет. Немецкое промышленное оборудование, например, гарантировано работает 3 года,

после чего через 40-42 месяца требуется дорогостоящая замена критических узлов. Стоимость такой замены может быть соизмерима с приобретением нового оборудования, что делает дальнейшую эксплуатацию экономически нецелесообразной.

Российское оборудование, напротив, проектируется с закладкой существенных запасов прочности и рассчитано на срок службы не менее 10 лет при номинальной нагрузке. Даже при систематических перегрузках российская техника может эксплуатироваться 5-7 лет, после чего подлежит капитальному ремонту и восстановлению. Такой подход обеспечивает более длительный жизненный цикл и снижает совокупную стоимость владения.

Любое отклонение от инструкций производителя может привести к выходу оборудования из строя и аннулированию гарантии. Зарубежные производители не предусматривают запас прочности для компенсации ошибок обслуживания или эксплуатации в условиях, отличающихся от расчетных. Проектирование осуществляется под конкретные нагрузки и условия, а срок службы точно рассчитывается на основе математических моделей усталостной прочности.

Российское оборудование, благодаря закладываемым запасам прочности, более терпимо к нарушениям регламентов обслуживания и может длительное время работать в условиях, отклоняющихся от номинальных. Более простые конструктивные решения и менее жесткие допуски облегчают ремонт и обслуживание в полевых условиях.

Неадаптированность к российским условиям. Зарубежные передвижные мастерские проектируются под климатические условия стран производства (преимущественно Европы), где зимние температуры редко опускаются ниже -15°C. Оборудование не рассчитано на работу в условиях экстремальных морозов, характерных для большей части территории России, особенно в Сибири, на Урале и в Арктической зоне. При температурах ниже -30°C возникают проблемы с гидравлическими системами (загустевание

масла), электроникой (отказ аккумуляторов), уплотнителями (потеря эластичности) и металлоконструкциями (хрупкость стали).

Российские производители передвижных мастерских изначально адаптируют свою продукцию к отечественному климату, обеспечивая работоспособность в диапазоне температур от -30°С до +45°С. Применяются мощные автономные отопители, усиленная теплоизоляция, морозостойкие материалы и специальные марки гидравлических масел. Конструкции усиливаются с учетом температурных деформаций и вибраций при движении по неровным дорогам.

Существенным недостатком зарубежных мобильных мастерских является их ограниченная проходимость в условиях бездорожья. Большинство европейских и американских производителей используют в качестве базовых шасси коммерческие грузовики (Mercedes, Iveco, Renault) с колесной формулой 4×2 или 4×4, рассчитанные на эксплуатацию по дорогам с твердым покрытием.

Российские ПАРМ монтируются на шасси автомобилей высокой проходимости, в том числе на шасси КАМАЗ 43118 (6×6, 300 л.с.), УРАЛ 4320 (6×6, 228 л.с.) и полноприводных вариантов автомобилей ГАЗ. Колесная формула 6×6 обеспечивает высокую проходимость в условиях распутицы, глубокого снега и бездорожья, что критично для работы в отдаленных регионах, на месторождениях, в тундре и тайге. Способность добраться до места аварии или планового обслуживания техники в труднодоступных районах является ключевым преимуществом отечественных мастерских.

ГЛАВА 7. СТАЦИОНАРНЫЕ И ПОЛУСТАЦИОНАРНЫЕ МАСТЕРСКИЕ

7.1. Основные конструкции зданий мастерских

Особенностью строительства объектов в северных районах является отсутствие местной промышленной и ремонтной базы, которую приходится создавать с нуля. Основные виды строительства – это горнопромышленные предприятия, освоение нефтяных и газовых месторождений, нефте- и газопроводы, порты, автомобильные и железные дороги, линии электропередач и др.

В целом, с точки зрения нахождения строительной техники можно рассмотреть три варианта:

- крупные объекты типа горнопромышленных предприятий, портов, гидроэлектростанций, где техника находится в концентрированном виде;
- объекты с центральной базой и площадным размещением техники – нефтяные и газовые месторождения, золотодобыча и др.;
- объекты линейного строительства, имеющие одну или несколько баз и размещение техники вдоль линии строительства.

В каждом из этих случаев организация обслуживания и ремонта техники имеет свои особенности.

В первом случае в начальный период строительства создаются временные ремонтные мастерские с использованием конструкций сборно-разборных зданий, которые потом преобразуются в постоянные или сносятся по мере износа. Взамен их могут строиться капитальные здания. Ремонтная база остается во всех случаях в том или ином виде с учетом развития и предприятий, и инфраструктуры.

Во втором случае ремонтная база находится в базовом поселке или городе, для среднего и сложного текущего ремонта техника доставляется на базу, текущий ремонт, в том числе с заменой агрегатов, осуществляется ремонтными летучками. Основная работа по ремонту – ремонт скважин, для чего создаются специализированные мастерские на базе автомобилей повышенной проходимости или гусеничных транспортеров. В начальный период на базе могут строиться инвентарные здания мастерских, которые впоследствии могут заменяться на капитальные сооружения.

Для линейного строительства, как было рассмотрено в предыдущих главах, на начальных базах строительства создаются и ремонтные базы. Здания мастерских чаще всего строятся из элементов инвентарных зданий с уточнением проекта по местным условиям. На промежуточных базах могут в качестве варианта рассматриваться различные инвентарные здания, в том числе пневмоопорные или пневмокаркасные здания. Характер зданий мастерских на промежуточных базах во временных поселках зависит от возможного времени существования временных поселков – их ликвидации или развития на их базе постоянных поселков – на строительстве железных дорог это места будущих станций или разъездов.

Особенность строительство зданий мастерских любого типа – необходимость сохранения вечной мерзлоты под зданием, для чего применяется отсыпка скальным или дренирующим грунтом толщиной от 0,5 до 1,5 м с сохранением верхнего торфяного слоя мари или тундры.

Современные быстровозводимые здания предлагают многие фирмы в России, в том числе в Санкт-Петербурге. Размер здания зависит от наличия или отсутствия каркаса. Стены и покрытие крыши из сэндвич-панелей. Здания могут использоваться в различных климатических зонах в зависимости от материала и толщины утеплителя сэндвич-панелей. Нормативным документом на эти здания является ГОСТ Р 58760 «Здания мобильные (инвентарные). Общие технические условия». Стандарт

предусматривает специальные требования к зданиям в северном исполнении группы «С», в том числе – срок службы должен быть не менее 20 лет.

Фирмы предлагают и различные варианты каркасов и стеновых и крышных панелей. Сэндвич-панели обычно имеют наружное покрытие рифленый стальной лист с оцинковкой и окраской или с полимерным антикоррозионным покрытием. Внутренняя облицовка – стальной или алюминиевый лист, бакелизированная фанера или другие материалы. Толщина утеплителя колеблется от 60 до 300 мм в зависимости от теплостойкости материала и региона использования здания.

Из утеплителей наиболее часто используются минеральная вата, пенополистирол, пенополиуретан и пенополиизоцианурат. Минеральная вата огнестойка, более дешевая, но из этих материалов имеет самую низкую теплоэффективность. Пенополистирол по теплозащите имеет средние показатели, сравнительно недорог, но имеет ограничения по пожарным требованиям. Пенополиуретан также имеет достаточно хорошую теплоэффективность, при горении происходит самозатухание. Наиболее высокую теплоэффективность имеет пенополиизоцианурат, толщина его требуется в два раза меньше, чем у минеральной ваты, он также самозатухает при горении, но значительно дороже минваты.

Существуют различные схемы соединения панелей между собой и крепления их к каркасам. Большинство фирм выпускает стеновые панели с замковым соединением между собой, что облегчает монтаж и уплотнение стыков. Крепление к каркасу с помощью саморезов. Размеры панелей колеблются в зависимости от производителя.

В качестве примера зданий для мастерских на основных ремонтных базах можно привести здания фирмы «Rapid Building». Фирма изготавливает сборные производственные здания с пролетами от 18 до 36 м, число пролетов от одного до трех. Сборный каркас здания выполнен из оцинкованного холодногнутого конструкционного профиля из стали 09Г2С

на основных конструкциях и стали с пределом прочности не ниже 350 Н/мм^2 на прочих элементах. Сборка каркаса болтовая, сварка не требуется. Высота здания в зависимости от пролета о 6 до 12 м. Крановые пути подвесные, крепятся к нижней балке фермы или ригеля. Колонны опираются на фундамент с закладными болтами.

Кровельная система – сэндвич-панели с покрытием из рифленой оцинкованной стали, утеплитель – минеральная вата толщиной до 300 мм, или пенополиизоцианурат толщиной до 150 мм. Ограждающие стены – сэндвич-панели с наружным профильным листом с полимерным покрытием, утеплитель – штапельное стекловолокно. Внутри панели покрыты алюминиевым листом или другими материалами по просьбе заказчика. Окна - стеклопакеты с двойным остеклением. Ворота подъемно-секционные с автоматическим открыванием. Преимущество здания – в простоте сборки и пожаробезопасности, каркас выполнен из стали, которая может работать при низких температурах.

Большинство рекламирующих свою продукцию фирм изготавливает здания меньшего размера без возможности подвески грузоподъемных устройств. Толщина сэндвич-панелей может быть в указанных выше пределах по просьбе заказчика.

Обогрев промышленных зданий теплогенераторами или водяное или паровое отопление от передвижных или временных котельных.

Одним из вариантов сборных быстровозводимых зданий являются блочные ***здания контейнерного типа***. Контейнер представляет собой стандартный каркас 20 или 40-футового контейнера. В зависимости от конструкции собираемого здания контейнеры имеют две или три стены из сэндвич-панелей с дверями и окнами. Открытые стороны контейнеров позволяют совместить несколько контейнеров в одно здание. Это может быть два контейнера, четыре контейнера в форме квадрата или любое количество в виде линии. В каждом из контейнеров могут заранее

устанавливаться станки, верстаки и другое оборудование. Между собой контейнеры соединяются стяжными болтами, стыки уплотняются прокладками. Силовая и осветительная проводка соединяются специальными устройствами. Энергоснабжение от внешних источников, отопление от электронагревателей.



Рис. 7.1. Мастерские (профилактории) контейнерного типа

Следует отметить, что подобные здания выпускаются преимущественно в качестве жилых или офисных. При использовании их в качестве мастерских оборудовать их нужно самим строителям. Если здание предполагается использовать как жилое, там может быть смонтировано водоснабжение и канализация. Выпускаются и здания из контейнеров других размеров, например, 6х4 м. Существуют варианты двухэтажных блочных зданий. Такое здание собирается в течение одного - двух дней, контейнеры перевозятся по железной дороге или на автомобилях, в транспортном положении открытая сторона закрывается брезентом.

Предлагаются и мастерские в контейнерах отличного размера. Так, фирма «ДВК Триэкс» изготавливает мастерские в северном исполнении в контейнере размером 9х2,4х2,7 м с полезной площадью 20,6 м и высотой потолка 2,4 м.

Воздухоопорные и пневмокаркасные сооружения. В качестве помещений для обслуживания и ремонта техники выпускаются воздухоопорные и пневмокаркасные сооружения. Их преимущество в том, что они позволяют перекрыть достаточно большую площадь для размещения обслуживаемой и ремонтируемой техники. Время сборки таких сооружений в зависимости от размера может быть от одного дня до двух недель.

Воздухоопорное сооружение представляет собой герметизированную оболочку в форме купола или вытянутого купола и изготавливается из армированной ПВХ ткани. Оболочка может быть однослойной или двухслойной с расстоянием между слоями 0,6 м, в последнем случае меньше теплоотдача за счет воздушной подушки между слоями. Низ помещения крепится к ленточному фундаменту и герметизируется. В помещение подается воздух компрессором, форма помещения сохраняется за счет избыточного давления.

Конструкция включает:

- Тентовый купол без металлического каркаса;
- Воздухоподающее оборудование с автоматикой;
- Шлюзовые входы и аварийные выходы;
- Анкерный контур крепления к основанию.

Размерные параметры:

- Ширина: неограничена;
- Высота: переменная, зависит от проекта;
- Расстояние между слоями (двухслойная конструкция): 60 см;

Эксплуатационные параметры:

- Температурный диапазон: от -50°С до +50°С;

− Срок службы: до 30 лет;

− Избыточное давление: незначительно выше атмосферного;

Преимущества:

− Отсутствие внутренних опор: максимальная свобода внутреннего пространства;

− Высокие теплоизоляционные свойства: благодаря воздушной подушке между слоями;

− Компактность при демонтаже: занимает не более 1% от общей площади;

− Универсальность установки: можно монтировать на любой местности;

− Высокая светопропускная способность;

Недостатки:

− Постоянная зависимость от электропитания: необходима непрерывная работа компрессоров;

− Низкая устойчивость к экстремальным воздействиям: сильный ветер, снег могут вызвать деформацию;

− Необходимость постоянного мониторинга: контроль давления воздуха;

− Ограниченная пожаробезопасность: материал оболочки менее устойчив к огню;

− Сложность ремонта: требует полной герметичности.

Основным преимуществом этих сооружений является возможность закрытия больших площадей, достаточных для организации ремонта и обслуживания тяжелой техники, и отсутствие внутренних опор. Недостатком является то, что поскольку периодически открываются шлюзовые ворота в торце помещения, необходима периодическая подкачка воздуха, при потере избыточного давления конструкция оседает, что и происходит при перебоях с подачей электричества. Сооружение нестойко к сильным ветровым и

снеговым нагрузкам, необходимо постоянно следить за величиной избыточного давления. В качестве грузоподъемных средств используются сборно-разборные козловые краны с ручным управлением подъема и передвижения или аккумуляторные погрузчики. Обогрев помещений за счет теплогенераторов. По данным изготовителей, срок службы таких сооружений может быть до 30 лет, температурный режим от - 60 до + 50°С.



Рис. 7.2. Структура воздухоопорного сооружения

Пневмокаркасные сооружения состоят из пневмобаллонов в виде половины тора, которые соединены между собой и покрыты защитной оболочкой из армированной ПВХ ткани плотностью 850 г/м^2. Пневмобаллоны имеют индивидуальную систему подкачки, в этом отношения конструкция более надежна. Защитный слой воздуха уменьшает теплоотдачу в атмосферу. Крепление к грунту с помощью винтовых стальных или деревянных свай (кольев). Возможные размеры – до 36 м по ширине и до 18 м по высоте, длина не ограничивается. Температурный диапазон от -50 до +50°С, допустимая скорость ветра до 30 м/с, выдерживают снеговую нагрузку до 25 кг/м^2. Пневмокаркасные сооружения более дороги, чем пневмоопорные, но имеют ряд преимуществ – не требуют фундамента, быстрее собираются и имеют достаточную.

Основными элементами являются:

− Надувной арочный каркас из пневмобаллонов, скрепленных между собой посекционно;

− Герметичный тент из армированного ПВХ плотностью 850 г/м²;

− Система подкачки с электронасосами (обычно 6 штук по 1000 л/мин);

− Фиксаторы к грунту (винтовые сваи, колья, балластные баллоны).

Размерные параметры:

− Максимальная ширина: до 36 метров без внутренних опор;

− Высота: от 3 до 18 метров.

− Длина: не ограничена благодаря модульной конструкции.

Эксплуатационные характеристики:

− Температурный диапазон: от -50°C до +50°C;

− Допустимая скорость ветра: до 30 м/с;

− Снеговая нагрузка: 20-25 кг/м²;

− Влажность воздуха: до 99%.

Преимущества:

− Скорость монтажа: от 20 минут до 2 дней в зависимости от размера;

− Мобильность: легкий демонтаж и транспортировка;

− Энергоэффективность: автоматическая система подкачки включается 1-2 раза в 2-3 дня на 5-10 минут;

− Независимость модулей: повреждение одного элемента не влияет на всю конструкцию.

Недостатки:

− Ограниченный срок службы: 10 лет;

− Зависимость от электропитания: для работы системы подкачки;

− Ограничения по внутреннему оборудованию: не подходит для тяжелой техники.

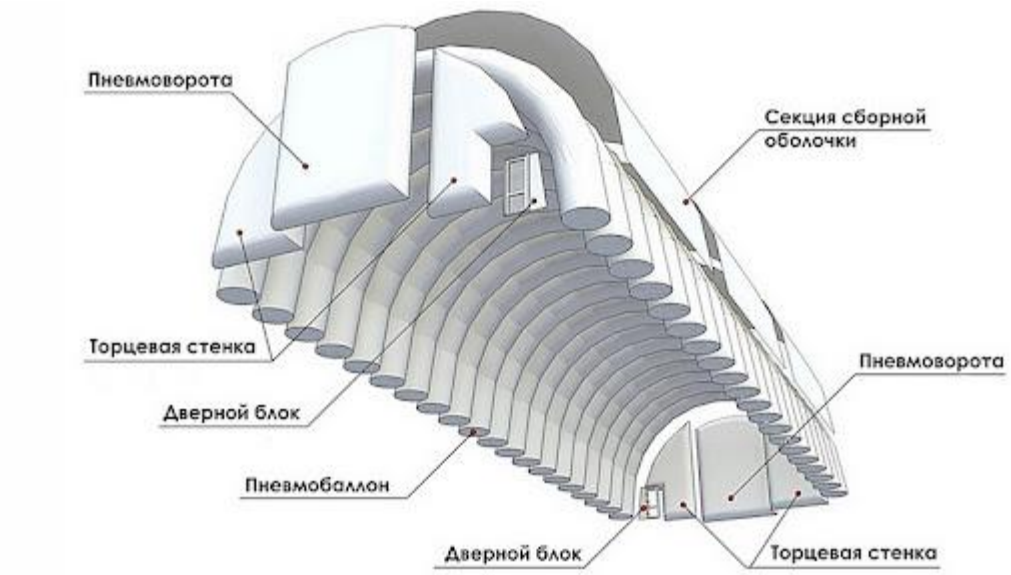


Рис. 7.3. Структура пневмокаркасного сооружения

Энергоэффективность – автоматическая система подкачки включается 1-2 раза в 2-3 дня на 5-10 мин. т.п. Внутри помещения давление атмосферное. Недостаток таких сооружений – срок службы не более 10 лет, не рекомендуются для обслуживания тяжелой техники.

В настоящее время большинство фирм выпускает такие сооружения преимущественно для создания спортивных залов и хранилищ. Например, Фирма Ангарстрой, Красноярск, изготавливает пневмоопорные здания для обслуживания техники площадью 720 кв. м.



Рис. 7.4. Надувной быстровозводимый ремонтный цех для обслуживания и ремонта техники

Тканекаркасные сооружения пользуются большой популярностью при развертывании нового строительства. Их можно разделить на три категории – сооружения сравнительно большой площади, используемые для организации обслуживания автомобильной и строительной техники на базах со сроком службы более 5 лет, здания-палатки, монтируемые на временных базах строителей и палатки, входящие в комплект подвижных мастерских.

Сооружения первого типа устраиваются на ленточных или блочных фундаментах с креплением колонн каркаса на закладных болтах. Каркас сборный, обычно с арочной крышей, пролет 12-18 м, длина здания в зависимости от потребностей заказчика. Покрытие – поливинилхлоридная армированная ткань, возможно с утеплителем. Возможно использование легких сэндвич-панелей. Особенность здания – облегченный каркас, который позволяет быстро собирать его секции и устанавливать их в рабочее положение с помощью крана. Площадь здания позволяет размещать в нем и ремонтное оборудование и ремонтируемую тяжелую технику, и автосамосвалы. Отопление преимущественно теплогенераторами. В качестве

грузоподъемных устройств могут использоваться сборные козловые краны или аккумуляторные погрузчики.

Тканекаркасные здания могут служить до 15 лет, они быстро монтируются, имеют низкую металлоемкость, могут переноситься в другое место в случае необходимости. Недостаток – значительные теплопотери, большие затраты на отопление, необходимость контроля натяжения покрытия и его регулировки и низкая пожаростойкость.

Сооружения второго типа – здания-палатки (рис.7.5, 7.6) имеют быстромонтируемый каркас и тканевое покрытие. Они используются для текущего ремонта и технического обслуживания автомобилей и строительной техники с использованием для ремонта механического оборудования размещаемых на базе подвижных мастерских. В самой палатке устанавливается моечное, диагностическое оборудование, верстаки для слесарных работ. Здание с пролетом до 12 м приводится в рабочее состояние в течение одного-двух дней. Размеры зданий позволяют проводить обслуживание и ремонт тяжелой техники внутри здания с ее подогревом в зимнее время. Отопление палаток теплогенераторами. Для работы на вечной мерзлоте необходима подсыпка дренирующим грунтом, для пола используются железобетонные дорожные плиты.

Третий тип - палатки в составе комплекта подвижных мастерских имеют ограниченные размеры и предназначены для размещения отдельных рабочих постов подвижной мастерской - кузнечного, сварочного и смазочно-заправочного. Каркас палаток сборный быстромонтируемый, обычно из трубчатых элементов. Покрытие тканевое, полосы закрепляются к каркасу ремнями или скобами. Палатки предназначены преимущественно для использования в районах с умеренным климатом и не имеют утепленного покрытия, рассчитаны на ветер до 20 м/с. Обслуживаемая техника может находиться внутри помещения.

Например, палатка, входящая в комплект мастерской ПРК-1, имеет пролет 6 м, рабочую высоту 4,9 м, ширина ворот – 4,2 м. Палатку возможно собирать длиной 9, 12 или 15 м, а также над неисправной техникой.

Палатка состоит из каркаса, который покрывается однослойными секциями, закрепляемыми на каркасе ремнями. Каркас крепится к якорям оттяжками. Каркас палатки состоит из 12-ти стоек, шести ферм и 46-ти соединительный перемычек и дуг. Каждая пара стоек в поперечном направлении соединяется с фермой, образуя секцию. Секции между собой соединяются перемычками, образуя общий каркас. Покрытие палатки секционное, однослойное из специальной парусины с пропиткой, состоящее из секций, в том числе секций с окнами, дверями и воротами. Для оборудования и освещения палатки предусмотрена инвентарная электросеть. Время сборки палатки 2 ч бригадой 10 человек.



Рис. 7.5. Здание-палатка профилактория на строительстве вторых путей БАМа, 2025 г.



Рис. 7.6. Внутренний вид здания-палатки с оборудованием

Металлокаркасные сооружения основаны на жестком стальном каркасе, состоящем из взаимосвязанных элементов. Конструктивные элементы включают несущий каркас из стальных колон, балок и ферм, а также ограждающих конструкций из профилированного листа. Конструкция опирается на фундаментное основание.

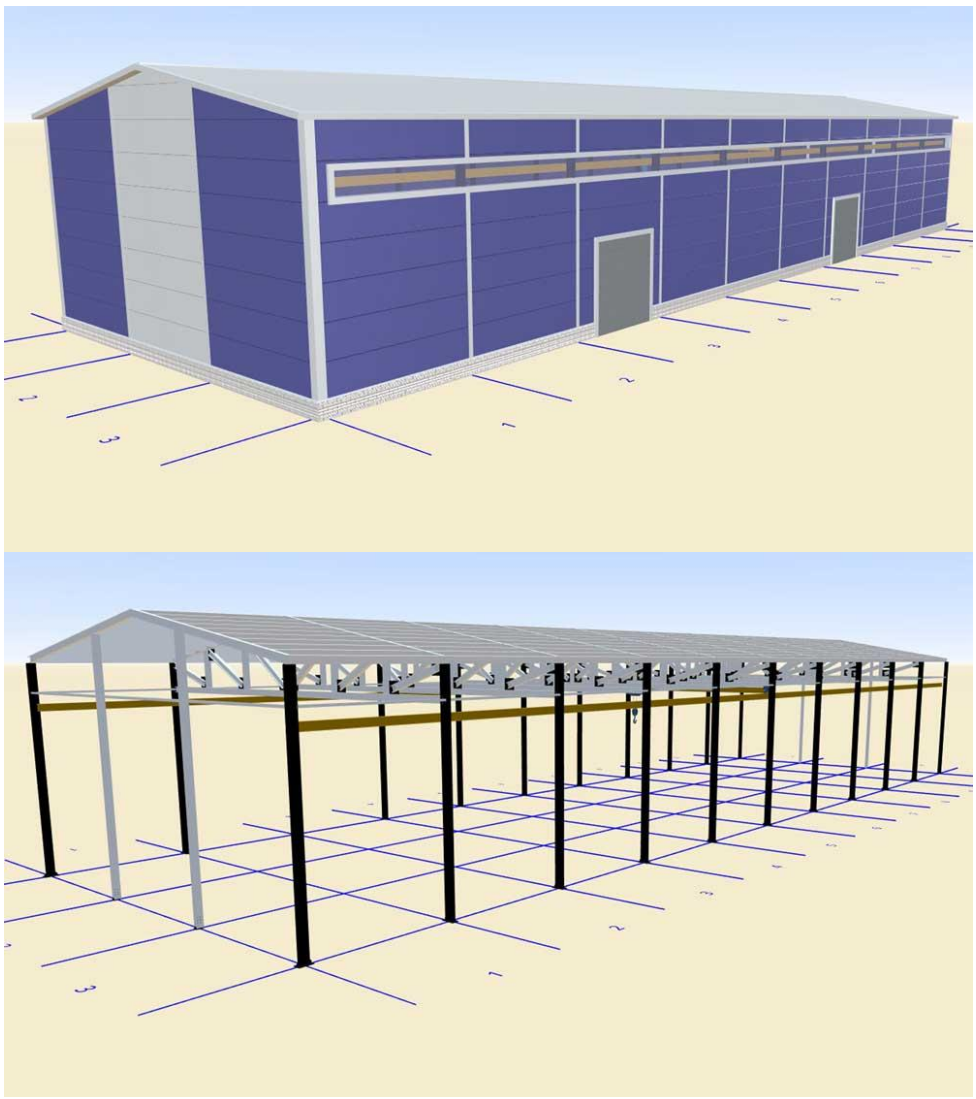


Рис. 7.7. Структура каркасно-металлического сооружения

Конструктивные элементы включают:

– Несущий каркас из стальных колонн, балок и ферм;

– Ограждающие конструкции из сэндвич-панелей или профилированного листа;

– Фундаментное основание (ленточный или свайный фундамент);

– Прогонная система и диагональные связи;

Технические характеристики:

Размерные параметры:

– Ширина пролета: от 12 до 24 м и более;

– Высота: от 4 до 12 м и выше;

– Длина: неограничена.

Эксплуатационные параметры:

– Срок службы: более 30 лет при качественном монтаже;

– Температурный диапазон эксплуатации: определяется системами климат-контроля;

– Несущая способность: высокая, подходит для тяжелого оборудования.

Преимущества:

– Максимальная долговечность: срок службы;

– Высочайшая несущая способность: подходит для любого оборудования;

– Огнестойкость: высокая пожаробезопасность стальных конструкций;

– Всесезонность строительства: монтаж в любую погоду;

– Архитектурная гибкость: возможность реализации сложных проектов;

– Экологичность: сталь полностью перерабатываема;

Недостатки:

– Высокая стоимость: значительно дороже альтернатив;

– Длительные сроки строительства: до 2 месяцев;

– Необходимость фундамента: дополнительные затраты и время;

– Высокое энергопотребление: особенно в холодный период.

Внутри данного вида здания в зависимости от габаритов возможно установка подъемных установок для комфортного проведения технического обслуживания и ремонта техники и оборудования.

Преимуществами данного вида сооружений являются максимальная долговечность, высочайшая несущая способность, всесезонность возведения и архитектурная гибкость.

Недостатки металлокаркасного сооружения состоят из длительных сроков возведения по сравнению с другими вариантами сооружений, а также

необходимость ровной устойчивой поверхности в виде фундамента. Однако, несмотря на данный список недостатков металлокаркасный вид сооружений является наиболее востребованными для реализации их при строительстве на линейных строительных объектах Крайнего Севера для проведения технического обслуживания и ремонта строительной техники и оборудования.

7.2. Опыт применения инвентарных зданий мастерских

В советское время в транспортном строительстве на Севере, включая стройки в Западной Сибири и строительство БАМа, эксплуатационные базы ориентировались преимущественно на сборно-разборные здания профилакториев и мастерских с учетом того, что эксплуатационные базы основных производственных подразделений перемещаются один раз в 2-4года, а базы прорабских участков – 0,5-1,5 года. Аналогичная схема была и у строителей трубопроводов на Севере. Поэтому используемые здания должны обеспечивать возможность их неоднократной сборки и разборки, они также должны были удовлетворять целому ряду специфических требований, характерных для предприятий по обслуживанию и ремонту тяжелых строительных машин и большегрузных автомобилей-самосвалов.

Кроме оборачиваемости, здания они должны быть рассчитаны на температуры до -60^{o}С, снеговую нагрузку 1500 Н/м^2, ветровую – до 750 Н/м^2, сейсмичность - до 9 баллов.

Проекты зданий должны быть разработаны с учетом возведения на вечномерзлых грунтах с сохранением основания в мерзлом состоянии. Высота основного пролета здания должна быть не менее 4,5 м до уровня крюка кран-балки с учетом габаритов используемой техники. Для механического, сварочного, шиноремонтного участков, аккумуляторной, участков ремонта топливной аппаратуры и гидравлики высота потолка

должна не превышать 3-4 м с учетом условий отопления. В соответствии с этими требованиями некоторые здания проектировались с высоким средним пролетом и меньшими по высоте боковыми пролетами. Здания создавались с учетом использования некоторых из них и после окончания строительства.

Масса несущих и ограждающих конструкций ограничивалась в связи со сложностью их доставки по временным дорогам и большими транспортными расходами.

Сборно-разборные здания. С учетом этих требований на стройке БАМа получили широкое распространение типовые сборно-разборные сооружения, выпускавшиеся заводами страны, ряд которых был специально доработан для реализации этих требований. В ряде случаев доработка типовых конструкций проводилась уже при сборке на базах. Рассмотрим ряд типовых зданий, применявшихся на БАМе.

Здание типа «Плауэн» заводского изготовления применялось для ЦРМ трестов и эксплуатационных баз мехколонн. Здание каркасное размером 48х48 или 18х72 м рамной конструкции с коньковым каркасом и пролетом 18 м. Ремонтно-механические мастерские оснащали 5-тонным мостовым краном, высота здания при этом 8,18 м. Профилактории – в бескрановом варианте с высотой здания 7 м. Ограждение – алюминиевые сэндвич-панели с пенополистироловой изоляцией, толщина панели 60 или 80 мм. Оконные витражи алюминиевые. Фундамент бетонный ленточный, под здание делается отсыпка щебенкой или песчано-гравийной смесью для предупреждения оттаивания мерзлоты. Пол из монолитного железобетона или железобетонных плит.

На трассе использовались более дешевые здания мастерских типа РММ-2 «Тула», разработанные институтом Гипроспецгаз и выпускавшиеся в г. Шатске Тульской области. Рамы каркаса пролетом 12 м собирают на земле и устанавливают краном на блочный фундамент. Шаг колонн 3 м,

высота здания 7,6 м. Стеновые панели асбоцементные или алюминиевые. Можно устанавливать кран-балки грузоподъемностью 5 т.

В Тынде, Ургале, Алонке и других пунктах БАМа были построены мастерские из двух-трех комплектов РММ-2. При этом колонны усиливали и удлиняли для монтажа 10-тонных кран-балок. Боковые пристройки делали с высотой потолка 3 м для размещения производственных участков, административных и подсобных помещений. Кроме асбоцементных использовали сэндвич-панели с покрытием рифленым алюминием или оцинкованной сталью. Теплоизоляция зданий РММ-2 с асбоцементными панелями недостаточна, поэтому их обкладывали кирпичом на высоту 2-3 м, отопление водяное от собственной котельной, при сильных морозах в торце здания устанавливали один-два теплогенератора. Эти здания эксплуатировались и после окончания строительства.

Бескаркасные здания типа ПРТ применяли на базах мехколонн и прорабских участков. Здания собираются из панелей заводского изготовления шириной 3 м, высота стеновых панелей 4,2 м, длина кровельных 6,7 м. Панели имеют металлический каркас с заполнением минеральной ватой, наружная обшивка – стальной лист, внутренняя – фанера. Стандартное здание собирается пролетом 12 м и длиной 36 м. Фундаментом служит железобетонная балка, на нее укладывали деревянный брус, на который опирались стеновые панели, жестко связанные шипами с кровельными. Кровельные панели соединяются коньковым шарниром и стягиваются стяжками. Трехметровые секции соединяют стяжными болтами, уплотнение между секциями – резиновые прокладки. Недостаток этих зданий – неудобство монтажа и отсутствие грузоподъемных средств

Для технического обслуживания автосамосвалов и строительных машин в парках на объектах использовали здания профилакториев РМГ-40 и ИРП-60-6р. Здания имеют соответственно металлический и деревянный каркас, на который навешиваются утепленные деревянные панели. Высота

зданий 4,2 м. Размер ИРП-60-6р - 9х30 м, РМГ-40 – 12х40 м. Здание РМГ-40 использовалось преимущественно для обслуживания строительной техники, ИРП-60-6Р – для автосамосвалов. Панели внутри обшивались стальным листом на высоту 1,5 м для повышения пожаробезопасности.

Поскольку высота здания не позволяла поднять кузов автосамосвала, из нескольких комплектов здания ИРП-60-6Р собирали конструкцию с высотой средней части до 8 м и боковых пристроек – 4 м. В таком здании использовали козловый кран СТКТС грузоподъемностью 8 т. Аналогичный вариант собирали из комплектов РМГ-40 с высотой средней части 8 м, в этом случае появлялась возможность установки кран-балки грузоподъемностью 3,2 или 5 т.

Следует отметить, что использовавшиеся на БАМе заводские инвентарные здания проходили в большинстве случаев доработку на месте. Например, финские арочные здания ФМК 15х30, использовавшиеся в качестве профилакториев, поднимались на фундамент высотой 1,5 м для обеспечения необходимой рабочей высоты и дополнительно утеплялись.

СКТБ Главбамстроя на основании опыта эксплуатации инвентарных зданий разработал свою конструкцию профилактория, рассчитанную на эксплуатацию при температурах -50 и -60^{o}С. Каркас из морозостойких сталей, покрытие трехслойными сэндвич-панелями с обшивкой тонколистовой профилированной сталью. Здание состояло из средней части рабочей высотой 7,8 м для ремонта строительных машин и автомобилей, и пристройки высотой 4,2 м для производственных участков.

Для обеспечения сохранения вечной мерзлоты использовалась отсыпка под здание щебеночной или песчано-гравийной подушки, в отдельных случаях приходилось применять т.н. «сваи Гапеева». Метод, разработанный институтом Ленгипротранс, основан на применении трубчатых свай с керосином, позволяющих автоматически понижать температуру основания зимой и поддерживать низкую температуру в течение лета. Метод

применяется преимущественно для обеспечения устойчивости береговых опор мостов, но есть варианты применения их для производственных зданий.

Для обеспечения нормальных условий работы ремонтников на объектах создавались временные пункты технического обслуживания, задачей которых было обеспечить прогрев машин перед обслуживанием или ремонтом в зимнее время, а также выполнение операций при положительных температурах. С этой целью на объектах развертывались пневмоопорные и тканекаркасные сооружения.

Пневмоопорные сооружения типа А18Ц, смонтированные в 1976-1978 годах в Тынде, Беркаките, Дипкуне, Зейске и Ургале (рис. 7.7) использовали в качестве обогреваемых стоянок для автомобилей, профилакториев для строительных машин и автомобилей и опорных пунктов для агрегатного ремонта. Эти сооружения обладают рядом положительных свойств – большие размеры и высота (48х18х9 м), большая полезная площадь -750 кв. м, относительная быстрота монтажа (около двух недель). Однако эксплуатация этих сооружений выявила ряд недостатков.

К числу последних относятся недостаточные габариты шлюза – не пропускают крупногабаритную строительную технику, требуется периодическая подкачка воздухом, при отключении электроэнергии сооружение опускается за 10-20 мин; недостаточная морозостойкость ткани оболочки. Кроме того, расходы на отопление оказались в три раза выше, чем для инвентарных зданий.



Рис. 7.8. Пневмоопорное сооружение А18Ц в г.Тында с энергоблоком

В условиях сильных ветров даже при небольшом снижении избыточного давления происходили аварии пневмооболочек, в связи с чем большинство пневмосооружений на трассе БАМа было демонтировано.

В то же время из-за сложности монтажа инвентарных зданий, проблемы с доставкой их элементов на головные участки трассы, их низкой оборачиваемости строители пришли разработке и внедрению мобильных тканекаркасных сооружений на базе пневмооболочек А18Ц-1 и ТКС-12.

Тканекаркасное сооружение ТКС-18М (48х18х9 м) устанавливали на эксплуатационных базах мехколонн и СМП, на автобазах и в качестве опорного пункта для агрегатного ремонта. Каркас арочный разборный из стальных труб. Покрытие – пневмооболочка А18Ц-1. Арки собирают на земле, крепят к закрепленным на брусьях опорным башмакам и поднимают в рабочее положение краном. Для противодействия ветровой нагрузке брусья анкеруют металлическими корзинами, заполненными камнем. Подсыпка песчано-гравийной смесью или скальным грунтом делается толщиной 1-1,5 м для предупреждения оттаивания мерзлоты. На пол укладывали дорожные

плиты ПД размером 2х6 м. Стены на высоту 2,8 м утепляли шлаковатой или другими материалами, обшивка утепления досками. На сварочных постах доски закрывали стальным листом или асбоцементными плитами. Вместо шлюза – сдвигающиеся ворота большего размера. Грузоподъемные операции выполняли козловым сборно-разборным краном СККТС-8 или гидрокранами. Отопление теплогенераторами.

Тканекаркасные сооружения показали себя лучше, чем пневмоопорные сооружения, они использовались достаточно долго на автобазе в г.Тында, на базах мехколонн в пос. Чильчи и Нерюнгри, на базе УМ треста Мостострой-10 в пос. Мостовой и других местах.

На участках мехколонн и мостоотрядов, на больших выемках устанавливали тканекаркасные сооружения ТКС-12 (24х12х6 м) со сроком службы 2-6 месяцев. Каркас аналогичен рассмотренному выше, покрытие-пневмооболочка от сооружения АГ-12. Основание каркаса - полушпалки с закрепленными на них уголками с проушинами. Арки соединяют вверху между собой канатом, и всю конструкцию поднимают одновременно краном. Зимой тент утепляют снегом. Отопление теплогенератором. В зависимости от времени нахождения подсыпку и пол могут не устраивать.

С учетом быстроты сборки и разборки сооружения оно имело хорошую оборачиваемость и использовалось на трассе БАМа многими подразделениями трестов Бамстроймеханизация и Мостострой-10.

7.3. Энергоснабжение эксплуатационных баз

Особую проблему по опыту строительства БАМа представляло энергоснабжение эксплуатационных баз и мастерских в связи с тем, что одновременно с промышленным энергоснабжением необходимо обеспечивать электроэнергией и жилой поселок. Отсутствие постоянных силовых сетей вызывало необходимость организации временного

энергоснабжения, от надежности которого зависит работа эксплуатационных баз и жизнь поселков. Перебои в электроэнергии или ее дефицит отрицательно сказываются на работе стройки.

Если головные базы строительства были заранее подключены к энергосети страны, то ремонтные предприятия и поселки на трассе должны были иметь собственные источники энергоснабжения. По опыту БАМа установленная мощность приемников электроэнергии у таких потребителей составляла от 130 до 360 кВт при коэффициенте спроса равном 0,7. Соответственно использовались три варианта – энергопоезда, дизельные электростанции большой мощности и передвижные электроагрегаты мощностью до 75 кВ.А.

Наиболее устойчивое энергоснабжение обеспечивают передвижные электростанции на железнодорожном ходу (энергопоезда) ПЭ-1 и ПЭ-5 мощностью 100 кВ.А (рис.7.9), ПЭ-6 – 1050 кВ.А, ЗЭП – 600 кВ.А.

Применение энергопоездов целесообразно в тех случаях, когда в одном поселке сосредоточено несколько специализированных формирований. Например, показанный на рисунке энергопоезд был применен из-за недостатка мощности, поступавшей в город Тынду из сети, после развертывания в городе эксплуатационных баз нескольких строительных трестов. Энергопоезда перевозят на трейлерах с демонтированными колесными парами. На месте их устанавливают на уложенные звенья пути.



Рис. 7.9. Энергопоезда ПЭ-1 в г. Тында.

Применение энергопоездов целесообразно в тех случаях, когда в одном поселке сосредоточено несколько специализированных формирований. Например, показанный на рисунке энергопоезд был применен из-за недостатка мощности, поступавшей в город Тынду из сети, после развертывания в городе эксплуатационных баз нескольких строительных трестов. Энергопоезда перевозят на трейлерах с демонтированными колесными парами. На месте их устанавливают на уложенные звенья пути.

Для энергоснабжения поселков с эксплуатационными базами с меньшим энергопотреблением применяли электростанции Ленинградского объединения «Звезда» АС-500-БАМ мощностью 500 кВ.А, спроектированные специально для этой стройки. Электростанции смонтированы в утепленных кузовах на лыжах и перевозятся на трейлерах. Станции имеют высокий уровень автоматизации управления. Обычно устанавливали 2-3 таких электростанции и резервную электростанцию мощностью 100-200 кВ.А.

Для энергоснабжения небольших поселков наиболее удачными оказались дизельные электростанции ЭСД-200-30Т/400М и ЭСД-100Т/400М,

приспособленные для работы в условиях Севера. Обе электростанции смонтированы в утепленных кузовах типа КУНГ-П10 на автомобильных двухосных прицепах, имеют автоматизированное управление, надежную систему электрозащиты, обеспечивается синхронная работа двух электростанций на одну потребляющую сеть. Электростанция ЭСД-200-30Т/400М имеет основной агрегат АД-200 мощностью 200 кВ.А и резервный АД-30 мощностью 30 кВ.А, что позволяет останавливать основой агрегат на обслуживание без перерывов энергоснабжения.

Кроме этих электростанций применялись дизельные электроагрегаты АСДА-200 и АСД-100. Они монтировались в вагончиках на лыжах или грузовых шинах. Вагончики утепленные, имеют встроенный пульт управления, верстак с приборами для ремонта и бытовой отсек. Запуск зимой обеспечивается предпусковым подогревателем дизеля.

Электростанции меньшей мощности - ДЭС-50, ЭСД-50/400Т, ЭСД-75/400Т и другие для прорабских участков, зимой устанавливались в утепленные помещения для обеспечения работы. Неудобство этих электростанций – сложность синхронизации при работе на одну сеть.

Стоимость электроэнергии, вырабатываемой этими электростанциями, была примерно одинаковой, если принять за единицу стоимость 1 кВт-ч энергопоезда, то для электростанций мощностью 200 кВ.А она составила 1,205, а у станции АС-500-БАМ – 1,41 (за счет высоких амортизационных отчислений).

7.4. Ремонт техники в мастерских строительства в условиях Севера

В предыдущих главах рассматривалось распределение ремонтов техники по уровням системы ремонта. Соответственно, капитальный ремонт техники и агрегатов осуществляется преимущественно на заводах вне зоны

строительства. НА ЦРММ трестов возлагается средний ремонт техники, капитальный ремонт отдельных агрегатов и капитальный ремонт единичных машин, ремонт которых на заводах не организован. Ремонтные средства подразделений трестов – мехколонн, СМП, мостоотрядов выполняют текущий ремонт машин и агрегатов с использованием преимущественно готовых запасных частей, в том числе сложные виды непланового ремонта. На участках выполняется техническое обслуживание и неплановый текущий ремонт. Следовательно, техническое оснащение этих мастерских должно соответствовать их задачам.

Наиболее полная информация по этому вопросу имеется по опыту строительства БАМа. Хотя за период после окончания основной фазы строительства прошло более 30 лет, поменялась техника, но, как показывает современный опыт, характер износов и отказов техники изменился мало, что и делает целесообразным рассмотреть опыт выполнения ремонтов отечественной и импортной техники, накопленной в течение более 20 лет.

Наибольшие возможности по ремонту были в ЦРММ трестов, соответственно они имели достаточно мощное техническое оснащение. В качестве примера можно привести ЦРММ треста Бамстроймеханизация в г. Тында.

Здание ЦРММ из сборных конструкций включает среднюю высокую часть с кранбалкой и боковые части высотой 3,5-4 м, а также отдельные здания для размещения ряда цехов. В средней части проводился ремонт тяжелой землеройной техники, в том числе агрегатным методом, в боковых частях размещались цеха и участки. Механический цех включал токарные, фрезерные, вертикально-сверлильные и шлифовальные станки, в том числе станок для шлифования коленчатых валов. Цех по ремонту агрегатов включал участки по ремонту агрегатов трансмиссии, гидравлической и топливной аппаратуры. Оборудование этого участка давало возможность ремонтировать сложные агрегаты: стенды для испытания гидравлических

насосов большой производительности, стенд для сборки и испытания гидроцилиндров, стенды для испытания гидроаппаратуры, центрифуга для очистки масел.

В цехе по ремонту дизельных двигателей мощностью до 300 кВт предусмотрены сборочно-разборочные и испытательные стенды, в том числе стенд для испытания и регулировки топливных насосов 10-12 цилиндровых дизельных двигателей. Для обкатки и испытания двигателей после ремонта в цехе был смонтирован стенд с электрическим нагрузочным устройством.

Кузнечный цех состоял из кузнечного, литейного и рессорного участков. В кузнечном цехе использовались механический молот и пресс. В рессорном цехе для термической обработки листов рессор автосамосвалов и других деталей была установлена закалочная печь с удлиненной зоной нагрева, а также горизонтальный пресс. В кузнечном цехе имелось также отделение по изготовлению резинотехнических изделий, где находились каландр для перемешивания резины, экструдер для изготовления жгута и многопостовой вулканопресс. Это отделение позволило решить проблему с уплотнениями из морозостойких резин.

Мастерские включали также участок по ремонту электрооборудования, где ремонтировались электродвигатели мощностью до 60 кВт и трансформаторы мощностью до 630 кВ.А, выполнялась регенерация и сушка трансформаторного масла.

Наплавочный участок выполнял наплавку катков бульдозеров, зубьев экскаваторов, гусеничных лент, ножей бульдозеров и автогрейдеров и других деталей, при этом использовалась полуавтоматическая сварка в среде флюса, углекислого газа, наплавка специальными флюсами и порошковой проволокой.

В отдельном здании размещался цех капитального ремонта автомобилей-самосвалов. В нем имелись участки по ремонту двигателей, агрегатов, гидроподъемников, ремонта кабин, крыльев, капотов и рам,

станция обкатки и испытания двигателей и линия по разборке и сборке машин с моечной машиной конвейерного типа. Механическая обработка деталей проводилась в специализированном отделении. Лаборатория по исследованию масел и топлив была оснащена оборудованием для спектрального анализа масел.

Следует отметить, что наличие этого ЦРММ позволило во многом решить проблему с ремонтом тяжелых импортных экскаваторов и бульдозеров, а также автомобилей-самосвалов Магирус 290D, привлечение к участию в ремонте которых ремонтных заводов Минтрансстроя было осуществлено со значительной задержкой. Подобные ЦРММ были развернуты на головных пунктах трассы на Западном и Восточном участках в Усть-Куте, Северобайкальске и Ургале.

Несмотря на более высокую стоимость восстановления агрегатов и деталей в условиях ЦРММ экономическая эффективность организации этих работ была достаточно высокой за счет сокращения транспортных издержек и уменьшения простоя машин в ремонтах.

Технология восстановления деталей и агрегатов определялась характером отказов и особенностью конструкции техники в северном исполнении. Основными проблемами был ремонт после трещин или хладноломкого разрушения конструкций, восстановление ходовой части гусеничных машин, ремонт дизельных двигателей и гидравлического оборудования машин.

Ремонт металлоконструкций. У большинства импортных машин в металлоконструкциях – отвалы и толкающие рамы бульдозеров, стрелы экскаваторов, рамы и кузова автосамосвалов - применялась сталь S690QL (или ее аналоги, российский аналог сталь 12ХГН2МА). Это легированная сталь повышенной вязкости (ударная вязкость при -40^{o}С - 30 Дж.), имеет хорошую свариваемость и пластичность. В стрелах импортных кранов применяется высокопрочная сталь S960QL, имеющая аналогичные

характеристики по свариваемости. На таких кранах наблюдались трещин, как по секциям стрелы, так и по листу корпуса крана в районе приварки поворотного круга, а также на аутригерах. На некоторых кранах наблюдались трещины в местах приварки проушин гидроцилиндров подъема стрелы и в местах крепления блоков головной части стрелы.

При сварке в полевых условиях применялись 3-х мм электроды УОНИ-55, но после сварки в течении короткого времени в сварных стыках появлялись микротрещины, которые потом развивались в макротрещины. В связи с этим машину приходилось доставлять в ЦРММ, где имелись возможности для более качественной сварки.

Для получения качественного шва для этих и других высокопрочных сталей важно не получить локального отпуска и роста зерна в зоне сваривания, с этой целью, а также для повышения качества шва и снижения диффузии водорода, зону сварки нагревают до температуры 150-200ºС. Сварку необходимо вести полуавтоматом с подбором силы тока, обеспечивающей необходимую температуру сварочной ванны. Перед сваркой требуется разделка шва и его обязательное обезжиривание

Восстановление опорных и поддерживающих катков и осуществляется методом наплавки под слоем флюса. Каток распрессовывают с использованием горизонтального 10-тонного пресса, детали промывают щелочным раствором в моечной машине, после чего дефектуют.

Изношенные оси, беговые дорожки и реборды корпусов катков и направляющих колес наплавляют под слоем флюса на автоматических двухэлектродных наплавочных установках, особенностью которых является пневматическая система сбора, транспортирования и регенерации флюса. Источниками тока служат выпрямительные установки. Стабильность температурного режима наплавляемых деталей обеспечивается кожухами. Наплавленные катки собирают при помощи пресса. Применяется также

наплавка беговых дорожек катков порошковыми проволоками, что повышает их износостойкость в полтора раза.

Гусеничные полотна восстанавливают на специальном участке со стендом для разборки и сборки с горизонтальным прессом и гайковертом ударно-импульсного действия для снятия и установки башмаков. Предварительно очищенное и промытое полотно кранбалкой укладывают на стенд, где гайковертом освобождают от башмаков и разбирают с помощью горизонтального пресса. После дефектовки полотно собирают на этом же стенде, при этом втулки и пальцы развертывают вокруг оси на 180^{o}, что позволяет использовать неизношенные рабочие поверхности еще на один срок их работы. При повторном ремонте пальцы и втулки заменяют.

Для подготовки к наплавке изношенные поверхности разобранного полотна зачищают до блеска. Поверхность, сопрягаемую с башмаками, очищают от ржавчины для обеспечения надежного контакта со столом наплавочной установки. Подготовленное к наплавке гусеничное полотно укладывают на стол наплавочной установки по упорам и полностью засыпают флюсом. Сварочный аппарат настраивают на заданный режим наплавки. Дуга на стыках звеньев прерывается фотоэлементом, настраиваемым на данный тип гусеничного полотна. наплавляют за один прием без перерыва, после чего гусеничное полотно охлаждают до температуры окружающего воздуха вместе с флюсом.

Наплавленное полотно перемещают на стенд-рольганг сборочного пресса, устанавливают башмаки и закрепляют их гайковертом. Готовое полотно сворачивают для транспортировки на специальном станке.

Башмаки восстанавливают приваркой стержней к грунтозацепам на специальных установок или на установке для наплавки звеньев. В качестве стержней используют арматурную сталь периодического профиля или разрезанные на полосы выбракованные башмаки. Ресурс комплектов после ремонта от 60 до 85% от первоначального.

Зубья ковшей экскаваторов, коронки рыхлителей бульдозеров и автогрейдеров наплавляют электродами Т-590 или порошковой проволокой или порошковой лентой. При большом износе зубьев ковшей экскаваторов их заменяли на литые из стали 12АГ133Х3 и 45ХГМ, которые хорошо показали себя при разработке скальных и мерзлых грунтов.

Изношенные ножи отвалов бульдозеров и автогрейдеров разрезают вдоль посредине, затем между половинами вваривают вставку из листовой стали с готовыми отверстиями под болты, Режущую кромку наплавляют электродами Т-590 или порошковой проволокой.

Твердость наплавленного металла при восстановлении рабочих органов составляет 42-50 HRC, что обеспечивает их удовлетворительную работоспособность.

Ремонт гидроаппаратуры на строительстве БАМа был одной из приоритетных задач, поскольку основная масса строительной техники была с гидравлическим приводом. Одна из проблем была в том, что оборудование для восстановления поверхностей таких деталей, как золотники, клапана и др. методами гальванических покрытий или напыления в ЦРММ устанавливать было нецелесообразно по целому ряду причин, поэтому такие детали изготавливали вновь или отправляли на заводы, где имелись соответствующие технологии.

Наиболее сложным оказалось восстановление аксиально-поршневых насосов и гидромоторов (рис. 7.10). Анализ их износа показал, что до 80% отказов качающего узла приходится на сопряжение сферических поверхностей распределителя и блока цилиндров. При этом распределитель 5 изготавливается из алюминиевой бронзы и изнашивается в первую очередь. Это объясняется тем, что фильтры гидравлической системы при большой запыленности в карьерах не обеспечивают необходимую очистку гидрожидкости, а также попаданием механических примесей при заправке гидрожидкости открытой струей. В результате на поверхности

распределителя наблюдались задиры ириски глубиной до 1 мм. Остальные сопряжения качающего узла (поршень – блок цилиндров, поршень-шатун и др.) изнашиваются меньше и при предельном износе сопряжения блок цилиндров – распределитель не вырабатывают весь ресурс.

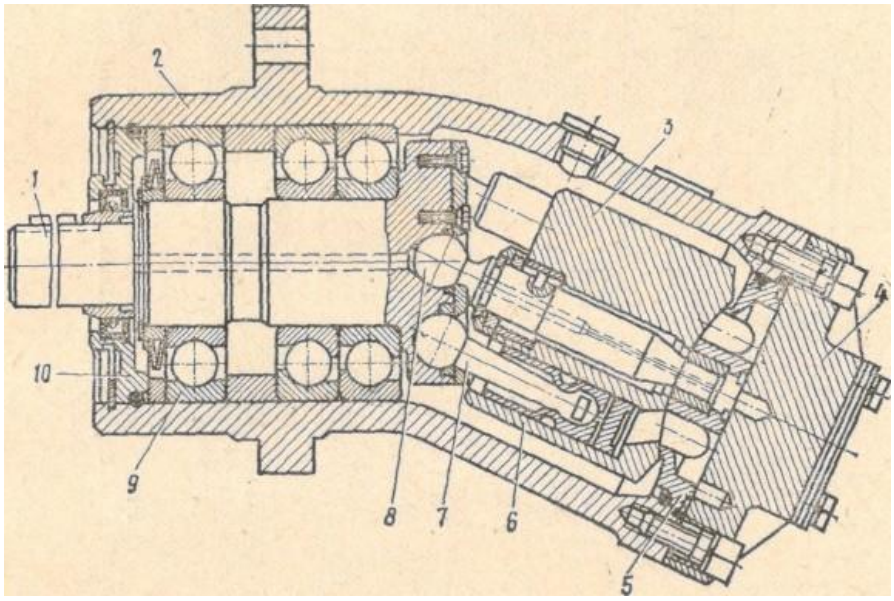


Рис. 7.10. Аксиально-поршневой нерегулируемый насос-гидромотор:
1- вал; 2 – корпус; 3 - блок цилиндров; 4 – задняя крышка; 5 -распределитель; 6 – поршень; 7 – шатун; 8 – центральный шип; 9 – шарикоподшипник; 10 – передняя крышка.

Для восстановления распределителя его сферическую часть шлифуют на круглошлифовальных станках или с помощью специальных приспособлений, после чего притирают совместно с блоком цилиндров.

Плоская поверхность шлифуется на плоскошлифовальном станке и затем притирается на специальном приспособлении. Повторную перешлифовку делать нельзя. В этом случае распределитель заменяется на новый. Для отечественных насосов и гидромоторов проблем с получением запасных деталей не было. Иностранные фирмы отдельно распределители не поставляют, их приходилось изготавливать своими силами. При этом основную сложность составляли подбор состава бронзы и термообработка распределителей.

Отверстия блока цилиндров развертывались, поршни из бронзового сплава изготавливались новые и притирались совместно с блоком цилиндров. Восстановление центрального шипа 8 и центрального вала 1 насоса наиболее эффективно хромированием, поэтому для этой операции детали отправляли на ремонтные заводы.

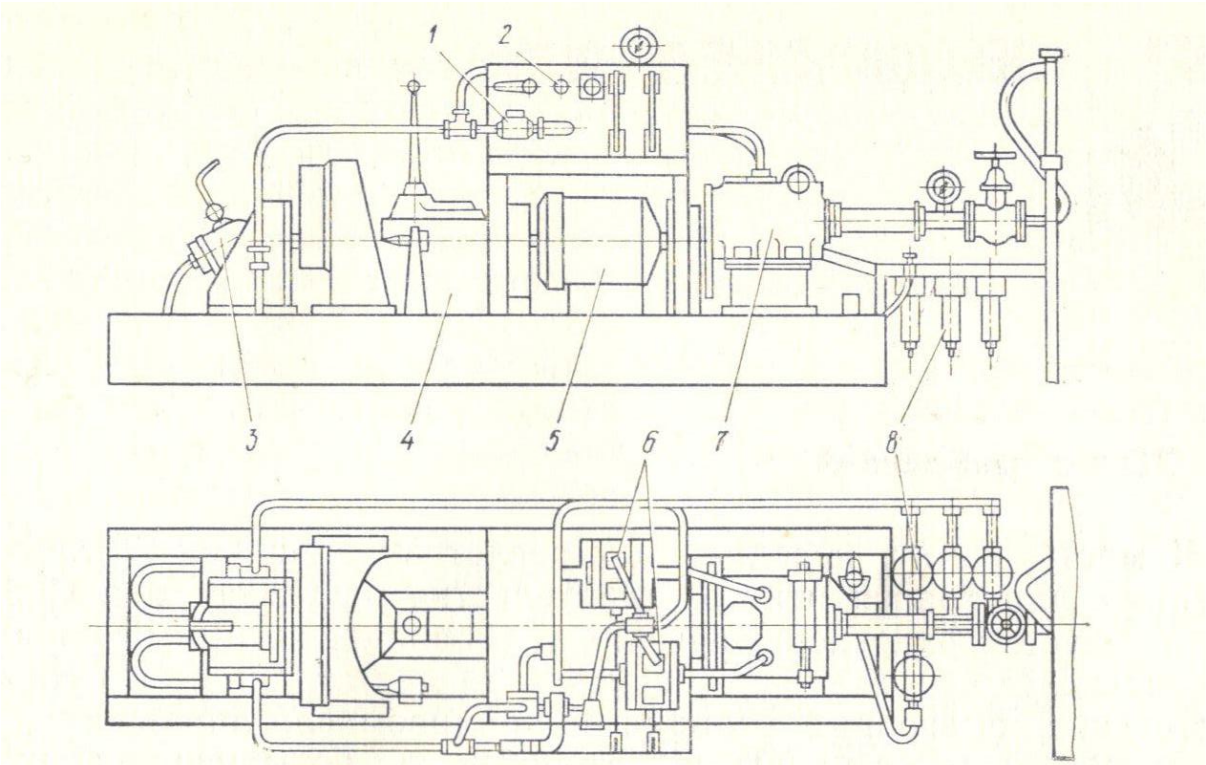


Рис. 24. Стенд для испытания гидронасосов и гидромоторов:
1 — расходомер; *2* — дроссель; *3* — гидромотор; *4* — коробка перемены передач; *5* — электродвигатель; *6* — распределитель; *7* — насос; *8* — фильтры

Рис. 7.11. Стедн для испытания гидронасосов и гидромоторов:
1- расходомер; 2 – дроссель; 3 - гидромотор; 4 – коробка перемены передач; 5 - электродвигатель; 6 – распределитель; 7 – насос; 8 – фильтры

Испытание отремонтированных насосов и гидромоторов проводилось на специальных стендах (рис. 7.11), конструкция которых разрабатывалась самими ремонтниками. Нерегулируемые насосы и гидромоторы испытываются и обкатываются при давлениях от 5 МПа до номинальных по 5 мин на каждой ступени, регулируемые насосы испытываются в течение

двух часов при различных давлениях и различных отклонениях люльки. Ресурс восстановленных насосов составлял от 30 до 70% от новых в зависимости от качества ремонта и применяемой технологии, определяющим в большинстве случаев был ресурс распределительного узла.

Ремонт гидрораспределителей производится при увеличенных перетечках гидрожидкости в паре золотник-корпус, износе перепускных или распределительных клапанов, отсутствии фиксированного положения или автоматического возврата золотников. Задача ремонта – восстановление нормативных зазоров в золотниковых парах. Эта задача решается обработкой под ремонтный размер отверстий в корпусах и изготовлением новых золотников.

Отверстия в корпусах могут иметь овальность или задиры. В условиях ремонтных мастерских отверстия развертывают и притирают чугунными притирами. Новые золотники изготавливают из стали 20Х с цементацией или стали 45 с закалкой токами высокой частоты. После термообработки золотники шлифуют и при сборке притирают вместе с корпусом. Испытывают гидрораспределитель в сборе на стенде.

Седла клапанов развертывают и шлифуют, съемные седла заменяют. Клапан шлифуют по конической поверхности или заменяют. Шариковые клапана меняют при наличии раковин. Для испытания клапанов на герметичность и пропускную способность применяют специальные стенды, при их отсутствии пользуются дроссель-расходомерами.

Ремонт гидроцилиндров включает правку штоков, восстановление пары поршень-цилиндр и пары шток-передняя крышка. Правку штоков проводят в призмах на прессах рядом последовательных нагружений. При износе штоков их шлифуют с последующим изготовлением ремонтной крышки. При задирах и глубоких рисках, а также при наличии трещин штоки выбраковывают. При текущем ремонте глубокие риски заделывают пайкой оловом. Резьбу на хвостовике штока восстанавливают наплавкой с

последующей механической обработкой. При износе проушин их растачивают и запрессовывают шарнирные подшипники с увеличенным диаметром наружной обоймы.

Гильзы гидроцилиндров восстанавливают расточкой под ремонтный размер борштангой и раскатывают роликовой раскаткой для повышения чистоты и износостойкости зеркала цилиндра. Поршень изготавливают новый или наплавляют бронзой. В некоторых случаях при восстановлении цилиндров под номинальный размер отрезают на токарном станке заднюю крышку, изготавливают из трубы новую гильзу и приваривают заднюю крышку. Этими способами восстанавливали наиболее изнашиваемые гидроцилиндры - гидроцилиндры бульдозеров и ковшей экскаваторов, другую номенклатуру старались отправлять на заводы и заменять при агрегатном ремонте.

При ремонте фильтров запаивают поврежденные места сетки и меняют фильтрующие элементы. У охладителей заваривают газовой сваркой лопнувшие трубки, при больших трещинах трубки глушат. Трещины в баках заваривают газовой сваркой после промывки, после ремонта бак испытывают в ванне с водой, подавая в бак воздух под давлением 0,02 МПа.

При замене резинотехнических изделий применяют морозостойкие уплотнения с маркировкой зеленой точкой. Для изготовления шлангов нужных размеров применяют приспособления для резки шлангов, приспособления к прессам для обжима наконечников, а также разборные наконечники с зажимом металлического каркаса шланга между двумя коническими поверхностями.

В ЦРММ и мастерских мехколонн и мостоотрядов обычно имелись участки изготовления резинотехнических изделий из морозостойких резин, для чего использовались каландры, экструдеры и прессы с набором форм для наиболее востребованных манжет и уплотнительных колец. Это позволяло быстро решать вопросы с резинотехническим изделиями.

Вместо резины для изготовления уплотнений может применяться термопластичный полиуретан 3БТЭ, уплотнения из которого имеют срок службы в 4-6 раз больше и могут эксплуатироваться при температуре от -60 до +78°С.

В ряде случаев применялась замена импортного гидрооборудования на отечественное. Например, на бульдозерах D8K и D9G фирмы «Катерпиллар» лопастные насосы заменяли на шестеренные аналогичной производительности, заменялись обратные и запорные клапана на экскаваторах и бурильных машинах и др.

Ремонт трансмиссий в условиях мастерских в основном сводился к переборке, замене подшипников и восстановлении посадочных мест подшипников эпоксидными композициями. При износе шестерен агрегаты отправляли на ремонт на заводы, при невосстанавливаемых трещинах корпусов их выбраковывали. Для трансмиссий иностранных строительных машин и автомобилей изношенные подшипники заменялись на отечественные. Например, в агрегатах автомобиля «Магирус D290» – ступицы мостов, дифференциалы среднего и заднего моста и др. – замена импортных подщипников на отечественные проводилась с учетом характеристик подшипников, динамическая и статическая допустимая нагрузка, частота вращения. При отсутствии полного аналога в отдельных случаях устанавливали два подшипника взамен одного, проводили доработку места установления или применяли дополнительные детали – кольца, шайбы и др. Подобная практика применялась и для импортных бульдозеров.

Ремонт двигателей. В ЦРММ пришлось организовывать ремонт мощных дизельных двигателей импортных бульдозеров, поскольку ремонтные заводы не могли этим заниматься из-за ограниченного объема. Основную проблему составляла правка коленчатых валов, которые часто имели деформации. При этом старались использовать отечественные

уплотнения, электрооборудование и другие элементы, так как поставка запчастей была проблемой.

Двигатель 8DC60C производства фирмы «Мицубиси моторс корпорейшн» на экскаваторе HD-1500GYS фирмы «Като» в условиях БАМа показал низкий ресурс и часто выходил из строя. В связи с чем была разработана технология замены этого двигателя на двигатель ЯМЗ-238НБ такой же мощности (200 л.с.) с близкими другими параметрами и меньшим удельным расходом топлива. Для агрегатирования двигателя ЯМЗ-238НБ со сдвоенным гидронасосом экскаватора пришлось делать реконструкцию привода. Опыт эксплуатации экскаваторов показал, что отказов по вине двигателя практически не было, а ресурс двигателя оказался значительно выше.

Ремонт двигателей автомобилей «Магирус» был организован на ремонтных заводах в Тайшете и Шимановске, для чего был закуплен у производителя фирмы «Клекнер-Хумбольт-Дойтц» комплект технологического оборудования, включающий монтажные столы, стенды, специальные станки и специализированный инструмент. Это позволяло выполнять капитальный ремонт двигателей КХД с хорошим качеством.

Ремонт электрооборудования. В каждой мастерской были специализированные участки по ремонту электрооборудования. В них производилась перемотка электродвигателей, проточка коллекторов, замена подшипников. Была разработана технология замены стартеров и генераторов, и других элементов электрооборудования импортных строительных машин на отечественные, лучше работающие при низких температурах. При ремонте электрооборудования автомобилей «Магирус» заменяли на отечественные с переделкой крепежа фары, подфарники, задние и габаритные фонари. С небольшими изменениями в конструкции и схеме присоединения на этих автомобилях заменяли на отечественные реле-прерыватели, указатели поворота, различные выключатели и переключатели.

Ремонт техники для строительства мостов. Отдельно следует остановиться на ремонте оборудования мостовых подразделений. Строительство больших и внеклассных мостов занимает от года до трех, поэтому на стройке разворачиваются достаточно хорошо оснащенные ремонтные средства в полустационарных помещениях. Для строительства мостов применяется специализированная техника – краны большой грузоподъемности на пневмоколесном и гусеничном ходу, бурильная и сваебойная техника, в том числе установки для бурения скважин большим диаметром под сваи-оболочки, передвижные бетонные заводы, бетономешалки и бетононасосы на базе автомобилей.

Для автомобильных кранов и другой тяжелой техники на базе автомобилей кроме отмеченных выше отказов часто наблюдались трещины рам автомобилей КраЗ, КамАЗ и импортных в местах крепления рам рабочего оборудования. Эти трещины заваривали с установкой ромбовидных накладок для усиления, при этом перед сваркой раму частично разгружали для уменьшения внутренних напряжений в металле в зоне сварки. Настройка и ремонт гидрообрудования, электрооборудования и автоматики кранов осуществляется в мастерских, для чего краны зимой загоняют в помещение для прогрева.

Использующееся мостовиками оборудование в большинстве имеет гидропривод, поэтому в мастерских участки по ремонту гидропривода старались оснащать необходимыми стендами и приборами.

У бурильных машин наплавляют коронки порошковой лентой или проволокой, а также электродами Т-590. В редукторах заменяют подшипники, посадочные места при небольшом износе восстанавливают эпоксидной композицией. При большом износе посадочное место растачивают с установкой ремонтной втулки.

Для дизельмолотов заменяют или восстанавливают топливную аппаратуру. При износе пары цилиндр-поршень трубчатых дизельмолотов их

отправляют на завод. У штанговых дизельмолотов при деформации штанг их заменяют. У вибропогружателей основные отказы приходятся на электрооборудование, электродвигатели перематывают в мастерских мостоотрядов.

У передвижных бетонных заводов проблемы возникали преимущественно с транспортерами и электрооборудованием. Ленту и подшипники роликов транспортеров заменяли. Ремонт электродвигателей привода и управляющей аппаратуры проводился на специализированных участках мастерских. В системах с частотным регулированием важно не допускать перегрузок, так как замена сгоревших преобразователей частоты приводит к длительным простоям оборудования из-за проблем с их получением и доставкой.

На строительстве мостов и промышленных объектов, например, заводов по сжижению газа на Севере и в Заполярье применяются тяжелые гусеничные краны грузоподъемностью 300-600 т. Эти краны изготавливаются из мелкозернистых сталей спокойной плавки с повышенной вязкостью, например, стали StE770 (российский аналог 17Г1С). Эти стали работают до температуры -40^{o}С. На стройку краны доставляются в разобранном виде и собираются непосредственно на объекте. Большинство кранов имеет гидромеханический привод лебедок от аксиально-поршневых регулируемых гидромоторов, дизельный двигатель приводит блок аксиально-поршневых насосов. Краны имеют сервоуправление и высокую степень автоматизации и приборов безопасности. Краны более ранних выпусков имели электропривод лебедок и дизельгенераторную установку с возможностью электроснабжения от посторонних источников.

Ремонт регулируемых насосов и гидромоторов проводится в заводских условиях с использованием специализированного оборудования. Металлоконструкции этих кранов имеют существенный запас, но работа кранов при температуре ниже -40^{o}С не допускается.

Основные проблемы зимой составляет автоматика, если не обеспечивается нормативная температура в шкафах управления, поэтому шкафы необходимо дополнительно утеплять в зимнее время. Ремонт автоматики и приборов безопасности сводится к их настройке и замене вышедших из строя деталей.

В настоящее время на северных стройках все чаще применяют краны гидравлические на спецшасси грузоподъемностью до 600 т. Эти краны рассчитаны на эксплуатацию при температурах не ниже -40°С, поэтому проблемы с отказами и ремонтом у них не отличаются от рассмотренных выше, но добавляются отказы колесных редукторов при перегонах кранов по притрассовым дорогам.

Аналогичным образом организовывался ремонт экскаваторов, бульдозеров и кранов-трубоукладчиков, а также специальной техники на строительстве газо- и нефтепроводов в северных районах, газовики и нефтяники сталкивались с теми же проблемами, поскольку использовали аналогичную технику. На головных участках трассы строились мастерские из сборно-разборных полустационарных зданий, где была возможность организации среднего ремонта этой техники и капитального ремонта агрегатов с использованием необходимого технического оснащения мастерских. На линейных участках использовались различные сооружения для организации текущего планового и непланового ремонта техники с ее разогревом зимой.

В целом опыт организации ремонта техники на крупных стройках Севера показал, что при правильной организации ремонта обеспечивалось значение коэффициента технической готовности парка выше 0,7, что можно считать нормальным для этих условий.

ГЛАВА 8. ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА СЕВЕРЕ

Данная глава посвящена разработке научных положений, направленных на повышение эффективности применения транспортно-технологических машин в Арктической Зоне и на Крайнем Севере (АЗКС) за счет сокращения времени пребывания машин в НР.

Распоряжение Правительства РФ №3363-р от 27.11.2021 г. планирует стратегию развития транспортной инфраструктуры Арктической зоны Р на период до 2035 года. Успешная реализация стратегии возможна лишь на основе эффективного применения специальной строительной техники – транспортно-технологических машин (ТТМ). Эксплуатация ТТМ на строительстве протяженных линейных объектов (ПЛО) в АЗКС РФ происходит на удалении в сотни, а иногда и в тысячи километров, от стационарных ремонтных баз (СРБ) в течение сезона работы длительностью до семи месяцев при двух-трехсменной работе техники. Интенсивное использование машин в суровых условиях приводит к возникновению серьезных внезапных отказов, устранение последствий которых возможно только с помощью оборудования специализированных ремонтных баз. Поэтому для сокращения затрат времени на транспортирование техники для проведения неплановых ремонтов (НР) при значительном удалении строительных объектов от СРБ применяются быстровозводимые ремонтные цехи (БРЦ). Однако, территориальное расположение БРЦ, их пропускная способность выбираются произвольно, так как отсутствуют научно обоснованные рекомендации по расчету этих параметров. Отсюда продолжительные простои техники в неработоспособном состоянии, снижение эффективности применения машин и надежности.

Научные исследования в области обеспечения работоспособности машин на строительных объектах АЗКС проводятся на кафедре Наземных

транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО «СПбГАСУ» с семидесятых годов прошлого века. Начало данных исследований на кафедре положили профессора Н.Г. Гаркави и О.А. Бардышев [12, 11], затем продолжали их ученики Н.В. Коценко [56], Б.Н. Бирючев [19] и другие. Было исследовано влияние неплановых ремонтов на надежность строительных машин, разработаны рекомендации по использованию передвижных ремонтных автомастерских. В дальнейшем в работах В.А. Зорина [46], Б.Г. Кима [50], С.В. Репина [65], А.В. Зазыкина [44], С.М. Грушецкого [35], С.Е. Максимова [64], А.В. Савельева [79] и других ученых были разработаны научные положения по обеспечению эффективности применения ТТМ методами ремонта, организации работ на объектах.

Причем, в работах Б.Г. Кима и С.В. Репина [50, 65] установлена взаимосвязь надежности и эффективности машин. Данная взаимосвязь и составила основу нового – надежно-ориентированного метода (НОМ) построения системы обеспечения работоспособности (СОР), который заключается в достижении такого уровня надежности парка ТТМ, при котором экономическая эффективность парка машин будет максимальной. В главе рассматривается лишь часть СОР, которая направлена на восстановление работоспособности техники после серьезных внезапных отказов, предусматривающее выполнение неплановых ремонтов на СРБ или БРЦ.

Научные положения данной главы базируются на:

– методе планирования восстановительного ремонта транспортно-технологических машин на основе вариаторов затрат, обеспечивающего повышение времени наработки на серьезный отказ, вызывающего необходимость транспортирования машины на НР в СРБ или БРЦ, до 1000 и более машино-часов, что превышает среднее значение этого показателя в 4-5 раз;

− надежно-ориентированном методе построения системы обеспечения работоспособности, который заключается в достижении такого уровня надежности парка ТТМ, при котором экономическая эффективность парка машин будет максимальной;

− математическом моделировании процессов обеспечения работоспособности ТТМ в условиях эксплуатации в АЗКС;

− результатах сбора и обработки эксплуатационной информации по эксплуатации ТТМ в АЗКС и компьютерного моделирования оптимальных параметров СОР.

8.1. Метод планирования восстановительного ремонта транспортно-технологических машин на основе вариаторов затрат

Введение

В условиях рыночных отношений в организациях строительной отрасли РФ, эксплуатирующих парки машин, вопрос реновации техники традиционно решается следующими способами: приобретение новых или бывших в употреблении машин, списание старых и капитальный ремонт имеющихся единиц [65].

Несмотря на то, что большинство исследователей в области эксплуатации строительных машин считают проведение капитального ремонта нецелесообразным, на практике крупные строительные предприятия, имеющие развитую техническую базу, активно используют КР для восстановления работоспособности техники.

Необходимость и «полезность» капитальных ремонтов в советское время были приняты однозначно, их эффективность не оспаривалась и базировалась на следующих тезисах:

Технические:

− Существенный запас конструктивной прочности и износостойкости базовых дорогостоящих рамно-кузовных и картерно-блоковых деталей и узлов. Данные детали способны выдержать несколько циклов эксплуатации, что существенно снижает ремонтные затраты.

− Неравномерность изнашивания отдельных частей в агрегатах. В машине буквально на порядок разнятся наработки до отказа различных узлов и агрегатов. Поэтому восстановление либо замена отдельных элементов, израсходовавших свой ресурс, при условии целостности остальных составляющих, куда менее затратнее, чем приобретение новой составляющей.

− Техническая оснащенность ремонтных предприятий позволяла на 100 % восстановить (изготовить) практически любые поверхности деталей, а при внедрении новых технологий и повысить их качественные свойства.

Экономические:

− Затраты на капитальный ремонт по машине составляют 40-60 %, по агрегатам – 25-65 %, по деталям – 15-70% от стоимости соответствующих вновь изготовленных деталей.

− Для крупных эксплуатационных предприятий ремонт сторонней техники приносит существенную прибыль, а в сложные экономические периоды позволяет сохранить квалифицированный персонал.

В настоящее время в сфере эксплуатации техники произошли следующие изменения:

− Технический уровень машин значительно возрос за последние десятилетия, что предполагает особую точность при изготовлении и монтаже тех или иных узлов, деталей и агрегатов. Мало того, предприятия все больше используют технику импортного производства с высоким уровнем технологичности конструкции. Такая техника изготавливается с использованием высоких технологий, часто обладающих коммерческой

тайной (закрытые технологии). Поэтому машины все чаще стали включать в себя неремонтопригодные детали и узлы.

− Основные детали и узлы выпускаемых машин имеют сопоставимый срок службы. Характерно, что ориентиром в настоящий момент для производителей машин является двигатель. Именно по его нормативному сроку эксплуатации устанавливается ресурс основных узлов и агрегатов.

− Техническая оснащенность предприятий, созданных в советское время, устарела.

− Появились новые экономические механизмы реновации парков машин, такие как кредит и лизинг, позволяющие приобретать технику с минимальными единовременными вложениями средств.

Как показывает практика, вложения в капитальный ремонт не превышают 30-50 % от стоимости новой машины, но достигается лишь частичное восстановление срока службы. Как правило, руководитель довольствуется данным положением, т.к. машина «свое уже отбила», а продленный срок воспринимается как некий бонус, тем более, что затраты на капитальный ремонт списываются на себестоимость в отчетный период, а при амортизации новой машины – в себестоимость списывается долями в срок полезного использования. При этом инфляция за срок полезного использования обесценивает машину, а вернее – списываемые доли.

Одним из основных критериев целесообразности КР служит себестоимость единицы ресурса. Для транспортно-технологических машин это себестоимость машино-часа (маш.-ч) [65].

В настоящий момент полученные эксплуатационные данные на действующих предприятиях позволяют охарактеризовать эффект, получаемый при проведении работ по КР. Так рисунок 8.1 иллюстрирует зависимость коэффициента готовности ($k_г$) от срока службы новой машины и капитально отремонтированной. Выбор такого параметра как $k_г$, характеризующего техническую составляющую эффективности

эксплуатации машины, обусловлен его комплексностью (обозначения в формулах привести единому виду):

$$k_{\text{г}} = \frac{t_{\text{о}}}{t_{\text{о}} + t_{\text{в}}}, \tag{8.1}$$

где $k_{\text{г}}$ – коэффициент готовности;

$t_{\text{о}}$ – средняя наработка на отказ;

$t_{\text{в}}$ – среднее время восстановления.

Стоит отметить, что со временем эксплуатации наработка на отказ становится все меньше, а время восстановления – возрастает [65].

Данный показатель характеризует вероятность нахождения машины в работоспособном состоянии в произвольный момент времени при использовании ее по прямому назначению. Соответственно, чем выше данный показатель, тем лучше. Идеальным является $k_{\text{г}} = 1$, но для ТТМ хорошим считается показатель 0,70…0,85 (для не новой машины). Показатель меньший для владельца означает возможность использования машины в неответственных проектах, либо где ее роль незначительна (комплекс машин на проекте с возможностью замены отказавшей машины другой). Существует некоторый критический минимум коэффициента технической готовности, определяемый владельцем исходя из существующей ситуации на предприятии, ниже которого машина не может эксплуатироваться [79].

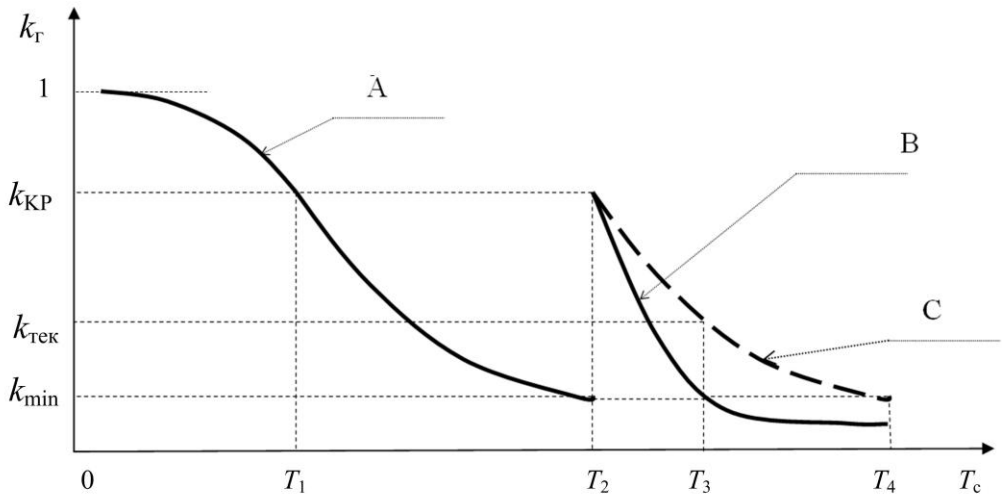


Рис. 8.1. Зависимость коэффициента готовности $k_г$ от срока службы машины T_c

На рис. 8.1 кривая А характеризует изменение коэффициента готовности у новой машины за срок эксплуатации 0 – T_2 до достижения уровня k_{min} [65, 79], при котором дальнейшее использование по назначению уже нерентабельно. В этот момент времени принимается решение о списании или проведении капитального ремонта, цель которого – «возвращение» машине технического уровня, необходимого для дальнейшей эффективной эксплуатации. После проведения КР коэффициент готовности восстанавливается до уровня $k_{max} = k_{КР}$ [65]. Следует иметь в виду, что рассчитываемые значения коэффициента готовности для однотипных машин конкретного производителя в одинаковых условиях эксплуатации имеют определенный разброс, который подчиняется, как правило, нормальному закону распределения. Для упрощения изложения будем оперировать средними значениями $k_г$, соответствующие средним значениям ресурса машины и ее элементов (см. рис. 8.4).

Принимая решение о проведении КР, владелец техники предполагает, что после КР изменение $k_г$ в интервале времени $T_2 – T_4$, описываемое кривой С, будет аналогичным изменению на промежутке времени $T_1 – T_2$, т.е. повторять часть кривой А. На практике наблюдается характер изменения, описываемый кривой В, при котором k_{min} достигается за промежуток времени

$T_2 - T_3$, значительно меньший, чем $T_2 - T_4$. Таким образом показатель готовности в момент T_3, ожидаемый как $k_{тек}$, равен на практике предельному минимальному значению. Причины подобной картины могут быть различны – некачественный ремонт, усталость и старение материалов и т.п.

Каким же образом возможно прогнозировать момент T_3? Методика, позволяющая производить расчет, предлагаемая авторами, основана на экономическом инструментарии – вариаторах затрат.

Метод вариаторов затрат

В экономике для расчета сложных схем, в которых участвует достаточно большое количество показателей, влияющих на общий результат, напр. ассортимент выпускаемой продукции, применяются так называемые вариаторы. Они определяют степень влияния одного показателя (продукта, проекта) на затраты в целом по предприятию (подразделению, иному центру ответственности). При этом существует возможность оптимизации объемов выпускаемой продукции с учетом мощностей предприятия, спроса и т.д., т.е. существуют граничные условия задачи оптимизации.

Для применения вариаторов затрат на ремонтные воздействия для ТТМ попробуем рассмотреть машину как некий центр ответственности, имеющий сложную структуру и работающий посредством взаимозависимых составляющих (рис. 8.2).

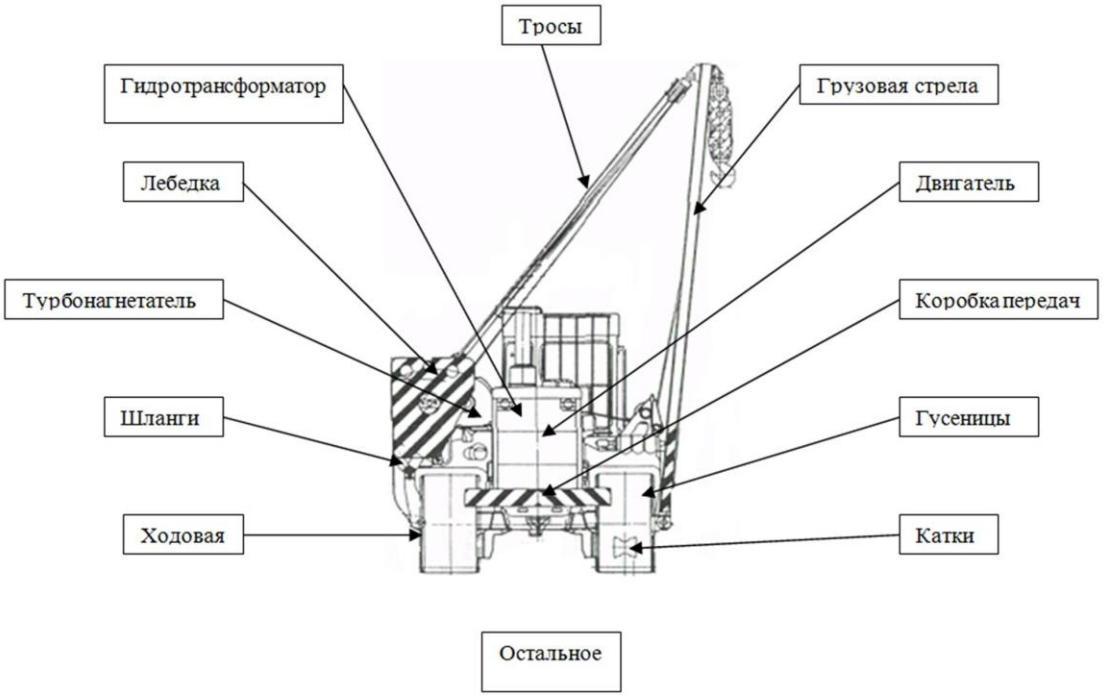


Рис. 8.2. Структура ТТМ на примере трубоукладчика Komatsu D-355C [79]

Составные элементы машины взаимосвязаны между собой и участвуют в процессе создания одного вида продукции, в данном случае – машино-часа работы трубоукладчика. Чем более детальной будет структура, тем более точной будет конечная оценка системы в целом.

Для расчета необходимо иметь данные по заложенному производителем сроку службы машины. В нашем примере для трубоукладчика Komatsu D-355C срок службы определен в размере 25 тыс. машино-часов (для среднего режима работы). Каждый элемент системы имеет свой ресурс до замены, либо капитального ремонта. Данные по этим ресурсам могут быть предоставлены производителями техники, либо путем анализа данных эксплуатации.

Доля в стоимости для каждого элемента системы будет представлять собой отношение стоимости элемента к суммарной стоимости всех элементов системы. При этом суммарная стоимость $\sum C_э$ будет являться частью стоимости приобретения машины за вычетом стоимости сборки, транспортных расходов на доставку к покупателю, оплату дилерских услуг и

т.п. Для упрощения расчетов в примере примем $\sum C_э$ = 70 % от стоимости продажи трубоукладчика C_o = 720 000 долл. США, т.е. $\sum C_э$ = 504 000 долл. США. Доли элементов системы представлены на рис. 8.3. Всего система детализирована по 29 элементам.

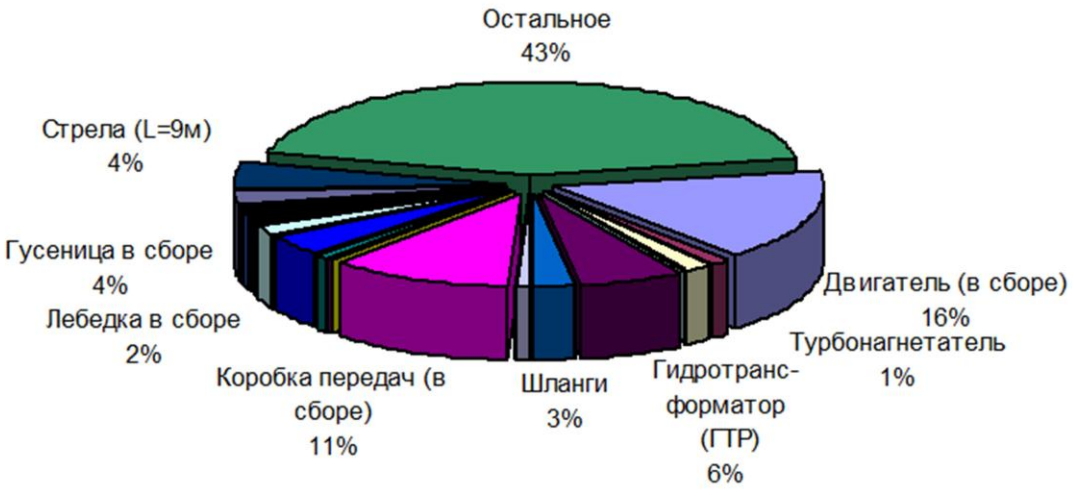




Рис. 8.3. Распределение долей стоимости элементов в суммарной стоимости трубоукладчика Komatsu D-355C [79]

Сразу оговоримся, что в расчете априорно предполагается, что ресурс рамы трактора обеспечивает безотказную ее работу до точки T_4, показанной на рис.8.1.

Вариатором для каждого элемента системы будет являться произведение доли стоимости и доли ресурса элемента (i) к общему сроку службы машины, и имеет вид:

$$V = \frac{C_{эi} R_{эi}}{\sum C_{э} T_{сл}} \cdot 100\%, \qquad (8.2)$$

где $C_{эi}$ – стоимость нового оригинального элемента; $T_{сл}$ – нормативный срок службы машины, маш.-ч; $\sum C_{э}$ - суммарная стоимость элементов системы; $R_{эi}$ – предположительный ресурс нового оригинального элемента, маш.-ч.

Расчет вариаторов для каждого элемента системы сводится в таблицу, и сумма вариаторов будет определять некое условное значение, которое для конкретной новой машины будет постоянным.

В течение срока эксплуатации элементы машины подвергаются физическому износу неравномерно, и, соответственно, картина поэлементного состояния будет в разные моменты времени различной. Такую картину можно получить путем детальной диагностики машины. В настоящий момент диагностические системы достаточно мобильны и позволяют с высокой точностью протестировать основные узлы машины. В результате проведенной диагностики оценивается остаточный ресурс по каждому элементу системы, и вариаторы будут определяться относительно элементов новой машины. В этом случае расчет производится по следующей формуле:

$$V = \frac{C_{эi} R_{эостi}}{\sum C_{э} T_{сл}} \cdot 100\%, \qquad (8.3)$$

где $R_{эостi}$ – предположительный остаточный ресурс элемента, маш.-ч.

Данные по рассчитанным вариаторам формул (8.2) и (8.3) сводятся в таблицу. Фрагмент расчета приведен в таблице 8.1.

Таблица 8.1. Расчет вариаторов затрат

№ п/п	Наименование	Состояние	Ресурс нового (оригинального), м/час	% ресурса от нового трубоукладчика	Ресурс остаточный, м/час	Ресурс, % от новой оригинальной з/ч	Стоимость узла, деталей, з/ч, $	Доля элемента, % от 100%	Вариатор для нового трубоукладчика	Вариатор трубоукладчика с износом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Двигатель (в сборе)	Рабочее, оригинал, износ 50 %	15000	60,0	7300	48,7	81 542	16,18	9,71	4,72
2	Турбонагнетатель	Рабочее, оригинал, износ 30 %	5000	20,0	3500	70,0	5 632	1,12	0,22	0,16
3	Топливный насос	Рабочее, оригинал, износ 60 %	6000	24,0	1200	20,0	7 400	1,47	0,35	0,07
4	Водяной насос	Рабочее, не оригинал, износ 40 %	4000	16,0	1000	25,0	2 556	0,51	0,08	0,02
5	Гидротрансформатор (ГТР)	Рабочее, не оригинал, износ 50 %	7000	28,0	1500	21,4	30 000	5,95	1,67	0,36
6	Ремни	Рабочее, не оригинал, износ 10 %	1000	4,0	700	70,0	240	0,05	0,00	0,00
7	Шланги	Рабочее, не оригинал, износ 5 %	5000	20,0	1000	20,0	12 679	2,52	0,50	0,10
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
28	Стрела (L=9м)		25000	100,0	6000	24,0	22 300	4,42	4,42	1,06
29	Остальное		25000	100,0	7000	28,0	217 855	43,23	43,23	12,10
	Сумма показателей								67,90	21,1

Вариаторы по состояниям машины (новой и эксплуатируемой) суммируются и сравниваются между собой. Отношение этих величин будет определять остаточный срок службы системы в целом. Т.е., если сумма вариаторов для эксплуатируемой машины будет составлять, к примеру, 21,1, а для новой – 67,9, то отношение 21,1 / 67,9 = 0,31, то это означает, что остаточный срок службы по машине в данном состоянии составит 31 % от срока службы новой.

Подобный расчет можно произвести и после ремонта машины. При этом в формуле (2) значение $C_{Эi}$ (стоимость элемента) принимается в размере затрат на приобретение элемента, или его частей (при неполной замене), а $R_{Эостi}$ – ресурс элемента после замены (ремонта). Таким образом, в любой

момент мы имеем возможность оценки остаточного срока службы машины, как во время эксплуатации, так и после, и что очень важно – до ремонта.

Расчет рентабельности ремонта, а возможно и оптимизации, при помощи применения вариаторов затрат имеет некоторые трудности с точки зрения возможности оценки остаточного ресурса по элементам. Влияние таких факторов, как: происхождение запасных частей, применяемые технологии, механовооруженность ремонтной зоны, качество сборки и т.п. определяют решающую роль на конечный результат. Для примера рассмотрим зависимость качества применяемых запасных частей при капитальном ремонте двигателей трубоукладчиков Komatsu, полученную с использованием метода вариаторов затрат (рис. 8.4).

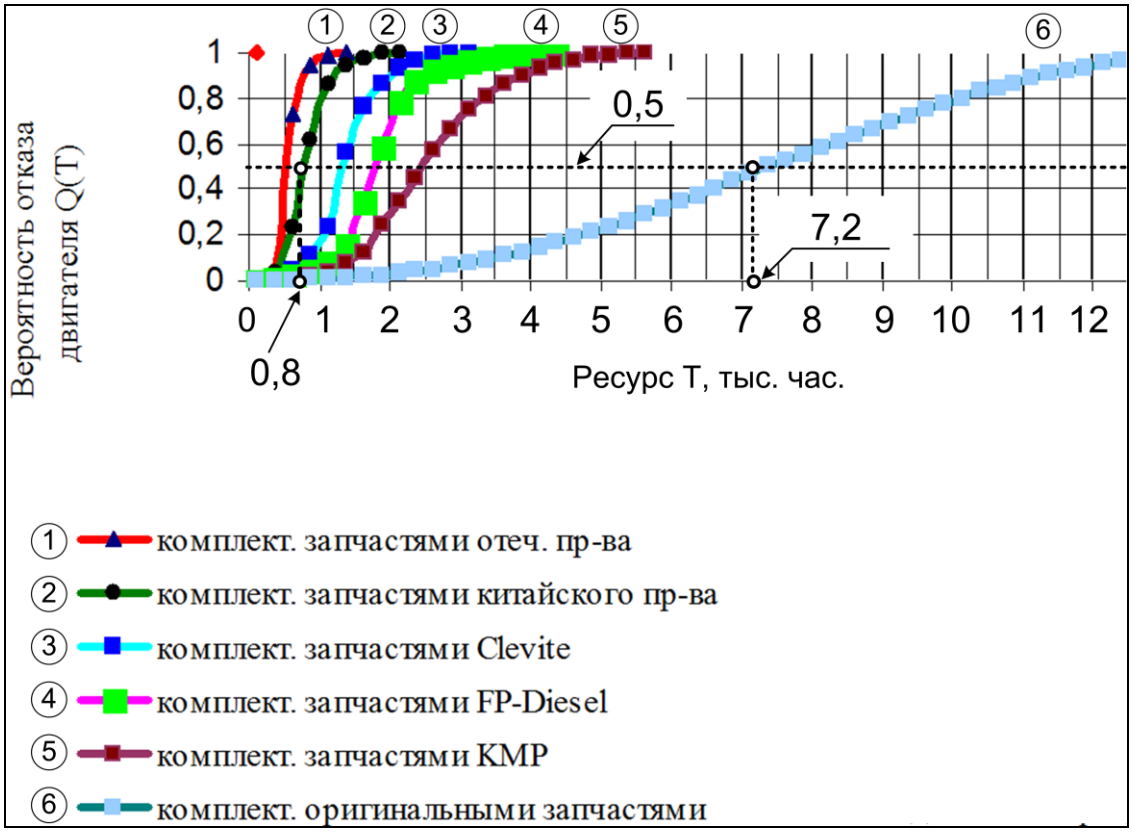


Рис. 8.4. Вероятность отказов двигателей Komatsu после капитального ремонта [66]

На основании представленного графика момент времени $T_З = k_{min}$ наступит с вероятностью 50% по причине возможного отказа двигателя

через: 7200 часов после КР, выполненного с использованием оригинальных запчастей от фирмы Komatsu; 800 часов после КР, выполненного с использованием запчастей китайского производства. Следует помнить, что капитальный ремонт не может дать 100 – процентное восстановление ресурса элемента и машины в целом, даже в условиях завода-изготовителя [79].

Выводы по разделу

Что позволяет решить метод вариаторов затрат? В первую очередь – оценить оставшийся срок использования машины. Следует отметить, что заводы-изготовители под сроком эксплуатации понимают конструктивно заложенный срок, при котором износ машины будет достаточно равномерен, прогнозируем и при нормальной эксплуатации (проведении регламентных сервисных работ, недопущении предаварийных нагрузок, использовании строго по назначению и т.п.), а состояние машины будет удовлетворительным, т.е. на достаточном уровне технической готовности, необходимом среднестатистическому потребителю.

Однако это вовсе не значит, что по окончании данного срока техника не сможет работать, просто затраты на ее содержание начнут расти ускоренными темпами, но вполне вероятно, что она еще будет способна приносить доход. Зарубежные производители начали закладывать срок эксплуатации конструктивно в базовые детали, например, раму. Т.е. по прошествии определенного срока рама становится непригодной к использованию и не подлежит ремонту. Или, если быть более точным, затраты на ее восстановление превысят эффект от данного действия. И если, например, бульдозеры Komatsu D-355A выпуска 1975 года до сих пор можно встретить в эксплуатации, то выпускаемые сейчас аналогичные машины прослужат не более 15 – 20 лет.

Итак, приобретая бывшую в употреблении машину, предприятие сталкивается с определенными трудностями в расчете оставшегося срока эксплуатации, а также ее технической готовности. Если досконально

известны все виды работ, а также состояние (происхождение) применяемых для ремонта частей и агрегатов, а также уровень качества работ, то применение метода вариаторов затрат поможет с достаточной степенью вероятности решить данные вопросы. При отсутствии информации можно провести диагностику машины и работать с полученными данными.

8.2. Надежностно-ориентированный метод построения системы обеспечения работоспособности

Введение

В условиях протяженного линейного транспортного строительства на Крайнем Севере эффеткивность применения парка транспортно-технологических машин определяется способностью безотказно работать в данных суровых климатических условиях на протяжении длительного сезона (с октября по апрель), когда тундра покрыта снего и находится в замерзем состоянии. За этот длительный период высока вероятнось внезапного отказа, устранение которого возможно только в условиях специально оборудованной ремонтной мастерской, стационарной (СРБ), расположенной в крупных населенных пунктах и перемезаемой по мере строительства транспортного объекта быстровозводимыми ремонтными цехами (БРЦ). Цель применения БРЦ – снизить затраты времени и средст на транспортирование отказавших машин к месту ремонта [69].

Эффективность применения БРЦ определяется в основном двумя параметрами – пропускной способностью и территориальным размещением, позволяющими за минимальное время восстановить работоспособность машин после внезапных отказов. Проблема обеспечения эффективности БРЦ заключается в отсутствии инженерной методики расчета этих параметров.

Рассматриваемый метод базируется на существующей системе обеспечения работоспособности при строительстве ПЛТО с применением

БРЦ, однако данная система была видоизменена путем внедрения в нее градации неплановых ремонтов (рис.8.5).

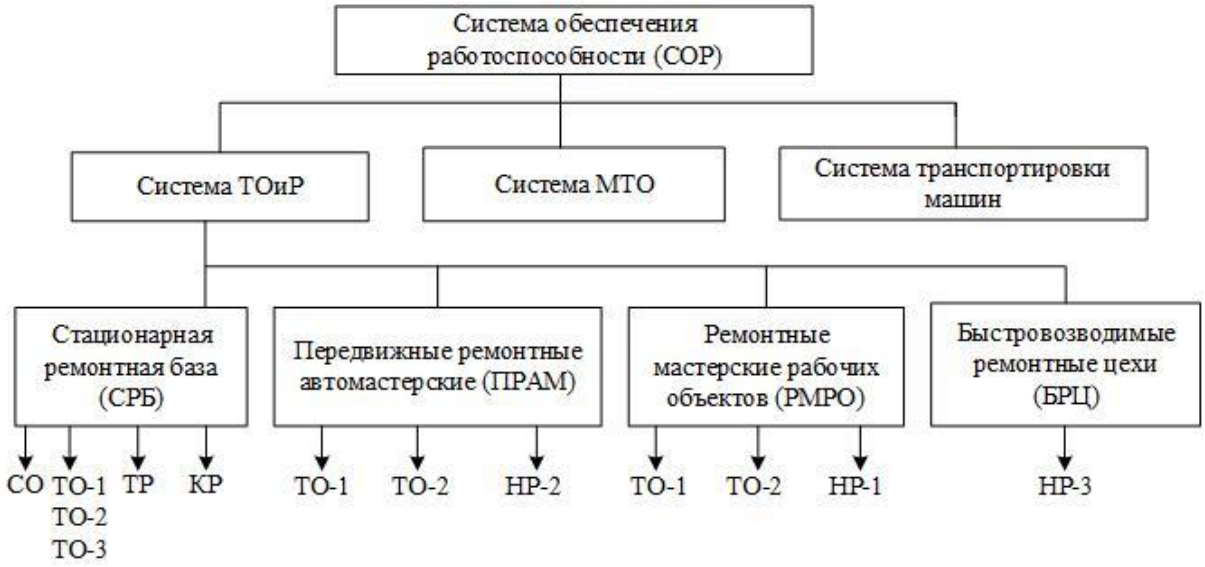


Рис. 8.5. Структура системы обеспечения работоспособности транспортно-технологических машин на объектах линейного строительства: ТОиР – техническое обслуживание и ремонт; МТО – материально-техническое обеспечение; СО – сезонное обслуживание; ТО-1…3 – номерные технические обслуживания; ТР, КР, НР – текущий, капитальный и неплановый ремонты

Градация уровней НР описывает три вида состояния проводимого непланового ремонта в зависимости от сложности внезапного отказа. Так, НР-1 наименее сложный, может быть выполнен силами механизаторов или РМРО. НР-2 более сложный, проводится специалистами ПРАМ. Для выполнения НР-3, самого сложного, требуется доставка машины в СРБ или БРЦ.

Сущность же НОМ, который применяется в данном методе, заключается в достижении такого уровня надежности парка ТТМ, при котором экономическая эффективность парка машин будет максимальной.

Согласно «ГОСТ 27.002-2015**.** Надежность в технике. Термины и определения» коэффициент готовности ($К_г$), принятый в диссертации в качестве главного показателя надежности, определяется по формуле [34]:

$$K_{\Gamma} = \frac{T_{\text{РР}}}{T_{\text{РР}} + T_{\text{РНН}}}, \tag{8.4}$$

где $T_{\text{РР}}$ – время работоспособного состояния техники; $T_{\text{РНН}}$ – время неработоспособного состояния машин по причине внезапного отказа, то есть, время простоя в НР.

А эффективность, выражающая отношение результата деятельности к затраченным ресурсам техники, описывается следующей формулой:

$$Э = \frac{T_{\text{РР}}}{З + У}, \tag{8.5}$$

где З – затраты на систему обеспечение работоспособности; У – ущерб, отражающий потери эффективности вследствие простоев в НР.

Для анализа составляющих СОР была рассмотрена структура времени пребывания машины в неработоспособном состоянии $T_{\text{РНН}}$. Составляющие данного времени включают характеристики пропускной способности ремонтной службы ($T_{\text{оч}}$ – время ожидания в очереди на ремонт) и службы транспортирования ($2T_{\text{пер}}$ – время транспортирования техники до места ремонта и обратно), $T_{\text{рем}}$ – время ремонта техники является известной виличиной, исходя из статистики и практики эксплуатации парка [69]:

$$T_{\text{РНН}} = T_{\text{рем}} + T_{\text{оч}} + 2T_{\text{пер}}. \tag{8.6}$$

Допущение – считается, что необходимые для ремонта запчасти имеются в наличии, поэтому время ожидания их поставки не учитывается.

На рис. 8.6 представлена схема НОМ, отражающая взаимосвязь надежности в виде $К_{\Gamma}$ и эффективности Э, согласно которой оптимальные значения $К_{\Gamma_орт}$ и наработки $T_{\text{РР_орт}}$ определяются принятой величиной эффективности, например, максимальной или иной, целесообразной для конкретной ситуации.

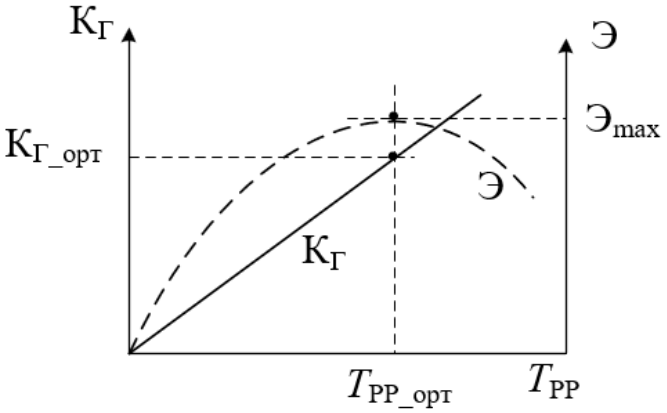


Рис. 8.6. Схема надежностно-ориентированного метода

По найденному значению эффективности Э рассчитывается $К_{Г_орт}$, по величине которого определяются его составляющие, а именно, время перемещения $T_{пер}$, являющееся функцией расстояния транспортирования техники, время ремонта $T_{рем}$ и ожидания $T_{оч}$.

Математическое моделирование и расчет параметров СОР проводился на основании графической модели, разработанной совместно с предприятиями по эксплуатации строительной техники в АЗКС, изображенной на рисунке 8.7.

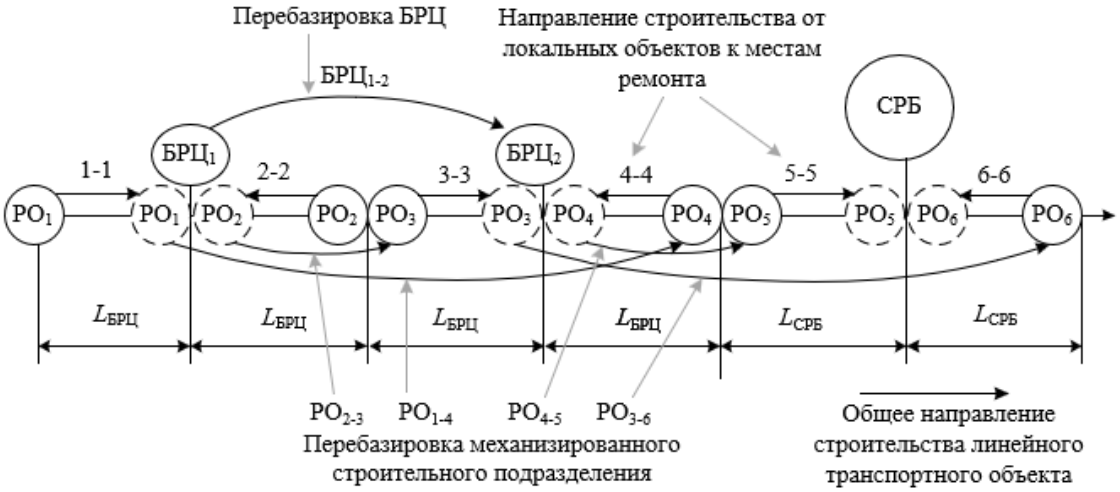


Рис. 8.7. Графическая модель СОР ТТМ на строительстве протяженного линейного объекта (где $РО_{1,2,3,4,5,6}$ – рабочий объекта строительства, $БРЦ_{1,2}$ – расположение временной ремонтной мощности в виде быстровозводимого ремонтного цеха с учетом перебазировки, СРБ – стационарная ремонтная база, расположенная на линии строительного объекта)

Схема предусматривает строительство протяженного линейного объекта двумя строительными бригадами, выполняющими работы на объектах $РО_1$ и $РО_2$. Посередине между ними располагается $БРЦ_1$. Строительство на $РО_1$ и $РО_2$ идет навстречу друг другу по направлениям 1-1 и 2-2 соответственно, постепенно приближаясь в $БРЦ_1$. По окончании строительства участка 1-2, $БРЦ_1$ перемещается на новое место $БРЦ_2$, на расстояние, равное $2L_{БРЦ}$, а $РО_1$ и $РО_2$ на $РО_4$ и $РО_3$ соответственно. При наличии по пути трассы СРБ, $БРЦ_3$ возводится за ней на расстоянии ($L_{БЦР}$+$L_{СРБ}$), после окончания строительства на участках 5-5 и 6-6.

Отказавшие на объектах машины транспортируются к СБР или БРЦ трейлерами со средней скоростью порядка 10 км/ч (рисунок 8.8).



а б

Рис. 8.8. Транспортирование ТТМ при помощи трейлеров (а) и стоянка отказавшей техники в ожидании ремонта (б)

Моделирование времени ожидания в очереди на ремонт $T_{оч}$ проводилось на основании теории массового обслуживания (ТМО). Была получена формула расчета вероятности состояния системы массового обслуживания в случае одноканальной системы с наличием очереди (СМО) [67]:

$$P_0(T_{от}, T_в, m) = \frac{1}{1 + \sum_{n=1}^{m} \frac{m!}{(m-n)!} \cdot \psi(T_{от}, T_в)^n} \quad (8.7)$$

где $\psi(T_{от}, T_в)$ коэффициент загрузки канала обслуживания; $T_в$ – время восстановления работоспособности машины, равное сумме $T_{рем}$ и $T_{оч}$; m – количество машин, обслуживающих одним ремонтным постом; n – количество постов.

После преобразований формулы (8.7) была получена математическая модель для расчета величины $T_{оч}$, входящей в формулы (8.6) и (8.4) для коэффициента готовности:

$$T_{оч}(T_{от}, T_в, m) = \frac{N_{оч}(T_{от}, T_в, m)}{\lambda(T_{от}) \cdot (m - N_{сист}(T_{от}, T_в, m))}; \quad (8.8)$$

где $\lambda(T_{от})$ – интенсивность отказов, 1/ч; $N_{оч}$ – количество машин в очереди на ремонт, шт.; $N_{об}$ – количество машин, работающих на объектах, шт.; $N_{сист}$ – количество машин, находящихся непосредственно в ремонте, шт.

Далее были выведены формулы для расчета коэффициента готовности:

$$K_{гбрц}(L_{брц}, T_{от}, T_в, m, N_{об}) = \frac{T_{р.р}(L_{брц}, T_{от}, T_в, m, N_{об})}{T_{р.р}(L_{брц}, T_{от}, T_в, m, N_{об}) + (T_{рем}(T_{от}, T_в, m, N_{об}) + T_{оч}(T_{от}, T_в, m) + 2T_{пер}(L_{брц}, T_{от}, N_{об}))} \quad (8.9)$$

и показателя эффективности в виде уровня рентабельности:

$$R_{брц}(L_{брц}, T_{от}, T_в, m, N_{об}) = \frac{T_{р.р}(L_{брц}, T_{от}, T_в, m, N_{об})}{Z_{брц}(L_{брц}, T_{от}, T_в, m, N_{об}) + У_{брц}(L_{брц}, T_{от}, T_в, m, N_{об})} \geq R\min. \quad (8.10)$$

Минимально допустимое значение уровня рентабельности R_{min} парка машин устанавливается предприятием по эксплуатации ТТМ и служит порогом для вхождения в окупаемую зону эксплуатации парка.

Полученные математические модели содержат:

− статистические характеристики парка машин, подлежащие экспериментальному определению – $T_{от}$, $T_{рем}$, $N_{об}$;

− параметры СРО, подлежащие оптимизации – m, $T_{оч}$, $L_{БРЦ}$;

− показатели надежности и эффективности – $К_г$ и R, значения которых определяют интервал оптимальных значений параметров СРО;

− модели расчета эффективности включают экономические характеристики эксплуатации ПМ, подлежащие определению в ходе экспериментальных исследований: затраты на возведение и содержание БРЦ, составляющие себестоимости эксплуатации машин, возможный ущерб от простоев машин в НР-3, себестоимость транспортирования техники, прибыль от эксплуатации машин.

8.3. Сбор и обработка эксплуатационной информации для компьютерного моделирования оптимальных параметров СОР по разработанным математическим моделям

Исследования проводились на основании информации, полученной от АО «Ленгазспецстрой» с января 2016 (начало года) по декабрь (конец года) 2024 года (Рис. 8.9) согласно ГОСТ 27.607-2013 «Надежность техники. Управление надежностью», а также научным положениям по проведению пассивного эксперимента – ГОСТ 23026-80, имеющие широкое применение в случае, когда исследователь не может непосредственно воздействовать на объект (например, исследование транспортных потоков, анализ статистики ДТП и пр.).

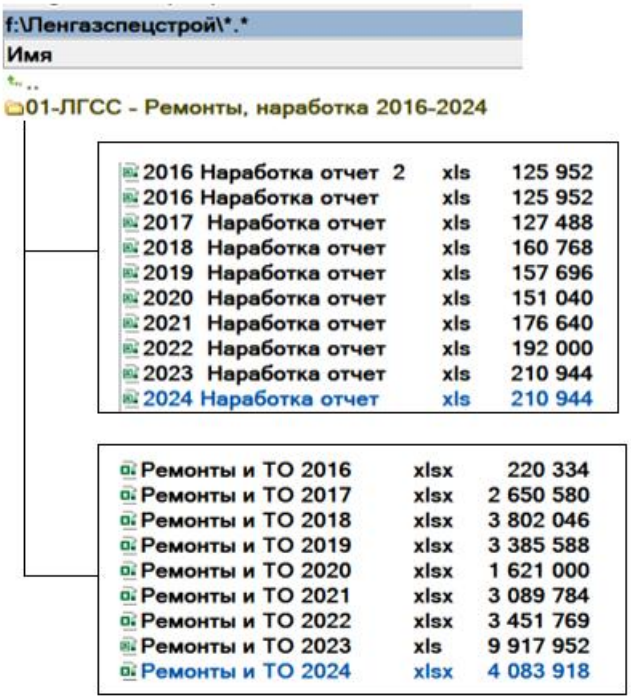


Рис. 8.9. Структура базы данных по наработке и ремонтам АО «Ленгазспецстрой»

В ходе экспериментальных исследований подлежали определению технические параметры СОР – $T_{от}$, $T_{в}$, $N_{об}$ и экономические – затраты на возведение и содержание БРЦ, составляющие себестоимости эксплуатации машин, возможный ущерб от простоев машин в НР-3, себестоимость транспортирования техники, прибыль от эксплуатации машин. База данных по наработке и ремонтам ТТМ ЛГСС формировалась при выполнении работ на ПЛТО.

ПЛТО может составлять по длине более трех тысяч км и пересекать территории Крайнего Севера и Арктической зоны РФ. Строительство ведется двумя бригадами согласно модели, представленной на рисунке 8.7. Парк ТТМ в основном состоит из трубоукладчиков, бульдозеров и экскаваторов, состав характерен для строительства нефтегазовой трубопроводной магистрали (рис. 8.10) и составляет 100…120 машин на каждом из двух объектов. Таким образом, определена первая статистическая характеристика парка машин $N_{об}$ = 200…240.




Рис. 8.10. ТТМ на строительстве линейного протяженного объекта трубопроводной магистрали

Установлено влияние условий АЗКС на показатели надежности элементов ТТМ. Специфика условий следующая:

1. В силу низких температур (от -40˚С и ниже) вся техника работает с включенным двигателем круглосуточно, что сказывается на нагрузках на двигатель и на основной насос гидравлической системы. В условиях экстремально низких температур происходит увеличение вязкости рабочих жидкостей, что приводит к повышению давления в гидравлической системе.

2. Время работы под нагрузкой (время выполнения рабочих операций) для бульдозеров и экскаваторов составляет 50…70%, а для трубоукладчиков — 10…20%. Поэтому часть элементов гидравлической системы и двигателя, работающих круглосуточно, нагружены по времени дольше в 4…5 раз, чем элементы, связанные с приводом рабочего оборудования. Что и отразилось на количестве отказов рассматриваемых элементов при анализе структурной надежности.

Анализ надежности существующего парка ТТМ показал, что средний коэффициент готовности составляет около 0,77, что, согласно данным исследователей (Б.Г. Кима, С.В. Репина, А.В. Зазыкина), не обеспечивает требуемую эффективность парка машин и составляет по показателю рентабельности примерно 0,28.

Исследование статистических характеристик СОР – $T_{от}$ и $T_{в}$, проводилось на основе анализа структурной надежности парка машин с учетом внезапных отказов, приводящих к неплановым ремонтам разного уровня – НР-1, НР-2 и НР-3. Во всем множестве отказов требовалось выявить те, которые приводили к необходимости доставки машин в БРЦ, т.е. НР-3. Было выявлено, что основными внезапными отказами, приводящими к транспортировке технике на ремонтное предприятие, являются отказы двигателя и отказы гидравлической системы.

Наиболее сильно снижают надежность техники элементы, имеющие длительное время восстановления $T_{в}$ вследствие необходимости доставки машины на стационарный пункт ремонта, а именно, главный гидронасос и гидромоторы ведущих колес для гидравлической системы и поршни двигателя для системы двигателя. В качестве примера показана таблица анализа элементов гидравлической системы (Табл.8.2).

Таблица 8.2. Анализ наработки на отказ, времени ремонта и восстановления элементов гидросистемы экскаватора

№п/п	Наименование элемента гидравлической системы	Наработка на отказ	Средняя продолжительность непосредственного ремонта в БРЦ (пребывания в ремонтной зоне)	Время восстановления с учетом транспортирования машин к месту ремонта и обратно
		$T_{ОТ}$,ч	Трем, ч	$T_{В}$,ч
1	Гидронасос главный	6860	**34**	**84**
2	Гидромотор ведущего колеса правый	7450	**26**	**80**
3	Гидромотор ведущего колеса левый	7450	**26**	**80**
4	Блок распределителей первый	6680	3	4,3
5	Блок распределителей второй	5680	3	4,3

6	Гидроцилиндр стрелы первый	5360	2,5	3,2
7	Гидроцилиндр стрелы второй	5360	2,5	3,2
8	Гидроцилиндр рукояти	4860	2,3	2,4
	….			
19	Гидроаккумулятор	8670	2,1	2,4
20	Гидрозамок	8200	1,5	1,8
21	Прочие элементы	7560	1,6	1,7

На основании вышеуказанной таблицы видно, что время ремонта некоторых узлов или агрегатов внутри системы, которое обычно указано в эксплуатационных данных по каждой машине, сильно больше, чем по остальным узлам. Данная разница наводит на мысль, что указанный узел ремонтировался в ремонтной мастерской, так как на его ремонт было затрачено большее количество времени из-за транспортировки техники до места ремонта и обратно. Таким образом проводолися отбор внезапных отказов из эксплуатационных данных, относящихся к НР-3.

На основании данных АО «Ленгзаспецстрой» было установлено, что гидравлическая система ТТМ может подвергнуться серьезному внезапному отказу в течении года эксплуатации с вероятностью в 23%, а в случае двигателя – 9%. Выявленные отказы были введены в массив К значений наработки на отказ (рис. 8.11), включающем 116 значений, равное среднему количеству отказов ПМ за сезон работ. Обработка данных производилась в программной среде MathCad (Рис. 8.11, 8.12, 8.13).

Массив экспериментальных значений наработки на отказ (Тот_э):

$K^T =$

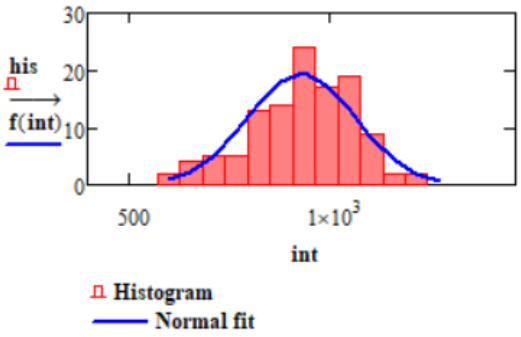
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1035	989	796	765	919	654	1122	833	905	...

Статистические характеристики распределения

Число значений статических данных	$n := rows(K)$	$n = 116$
Средняя наработка на отказ, час	$m := mean(K)$	$mean(K) = 926.2759$
Среднее квадрактическое отклонение, час	$\sigma := stdev(K)$	$\sigma = 133.3175$
max(x), min(x) наработки на отказ, час	$max(K) = 1241$	$min(K) = 567$

Рис. 8.11. Фрагмент обработки массива данных по отказам ТТМ ЛГСС

Функция плотности нормального распределения: $f(x) := n \cdot h \cdot dnorm(x, m, \sigma)$

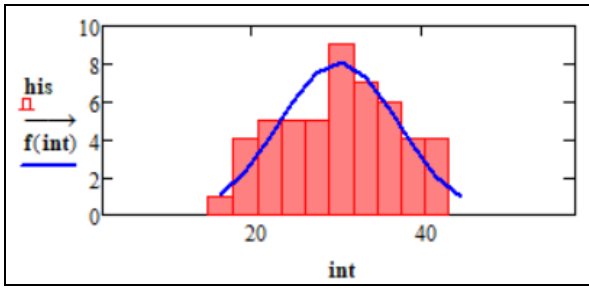


80% значений наработки на отказ расположены в интервале, определяемым квантилями нормального распределения с границами:

нижней 0,1 $qnorm(0.1, m, \sigma) = 755.4226$

верхней 0,9: $qnorm(0.9, m, \sigma) = 1097.1291$

Рис. 8.12. Фрагмент обработки массива данных по отказам ТТМ ЛГСС



80% значений времени ремонта расположены в интервале, определяемым квантилями нормального распределения с границами, ч:

нижней 0,1 $qnorm(0.1, m, \sigma) = 21.3319$

верхней 0,9: $qnorm(0.9, m, \sigma) = 39.0281$

Среднее время ремонта, ч $mean(Kp) = 30.18$

Рис. 8.13. Фрагмент обработки массива данных по Трем ТТМ ЛГСС

Таким образом, в результате экспериментальных исследований были установлены: количество машин, работающих на объектах, $N_{об}$ = 200…240; средняя наработка на отказ $T_{от_ср}$ = 926 ч, интервал наработки на отказ $T_{от}$ = 755…1097; среднее время ремонта $T_{рем_ср}$ = 30 ч; среднее время

восстановления машин после внезапного отказа НР-3 с учетом времени транспортирования – $T_{в_ср}$ = 82 ч.

Именно последняя из установленных характеристик приводит к снижению эффективности применения парка машин.

8.4. Компьютерное моделирования СОР ТТМ по разработанным математическим моделям на основе использования результатов обработки эксплуатационной информации

Моделирование выполнялось с использованием вычислительных систем (MS Excel и Mathcad) (Рис. 8.14). На программу для ЭВМ, реализующую указанный алгоритм, получено свидетельство государственной регистрации №2025692228, дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 19.11.2025 г.

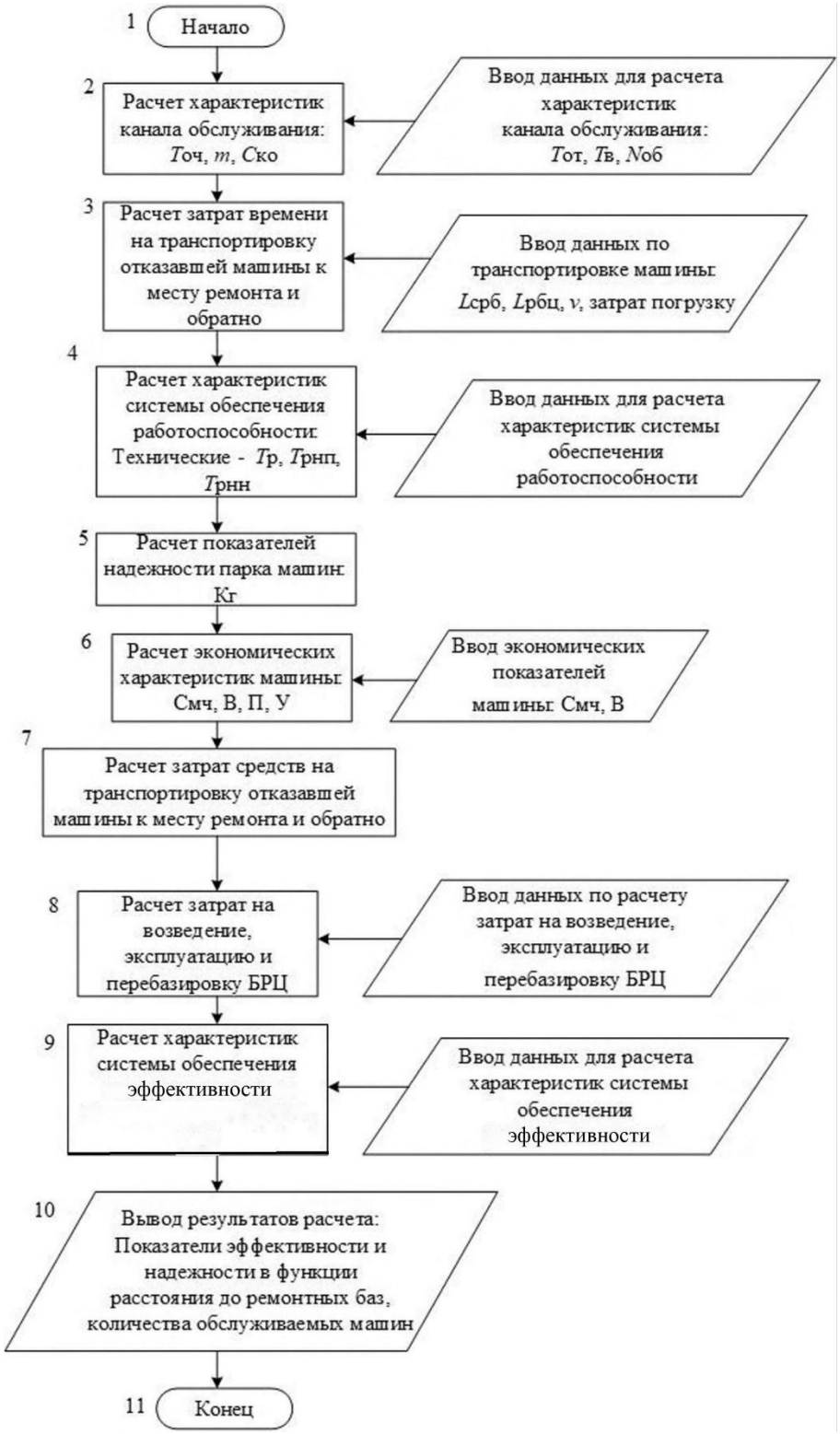


Рис. 8.14. Алгоритм компьютерного моделирования оптимальных параметров СОР ТТМ: Ско – затраты на содержание канала обслуживания; Смч – средняя себестоимость машино-часа работы машин; В, П – выручка и прибыль от эксплуатации ТТМ; У – ущерб от простоя в НР-З

Результаты расчетов по данному алгоритму позволяют принимать обоснованные решения о размещении ремонтных баз (рис. 8.6), определении оптимального количества каналов обслуживания, планировании инвестиций в ремонтную инфраструктуру.

При анализе расчета уровня эффективности оптимальное расстояние для достижения минимального уровня (0,4) эффективности позволяет сделать выводы, что:

- максимальное расстояние до СРБ составляет около 410 км, а до БРЦ – около 240 км (рис. 8.15, а);

- максимально допустимый интервал расстояния между объектами строительства и БРЦ по данными статистического анализа наработки строительных машин на отказ составляет от 150 до 240 км (рис. 8.15, б).

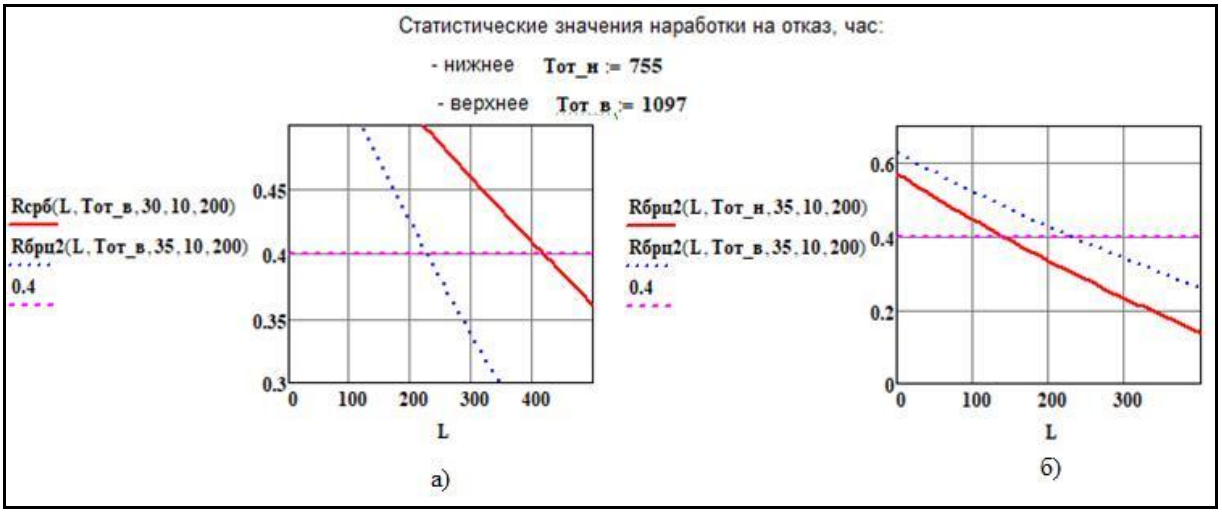


Рис. 8.15. Результаты моделирования расстояния L между объектами строительства СБР (а) и БРЦ (б) по данным статистического анализа наработки ТТМ на отказ

На основании математической модели канала обслуживания установлено оптимальное количество машин, обслуживающих одним РП $m_{орт}$=9…10, и время ожидания ремонта в очереди $T_{оч}$ = 15 ч (рис. 8.16, 8.17):

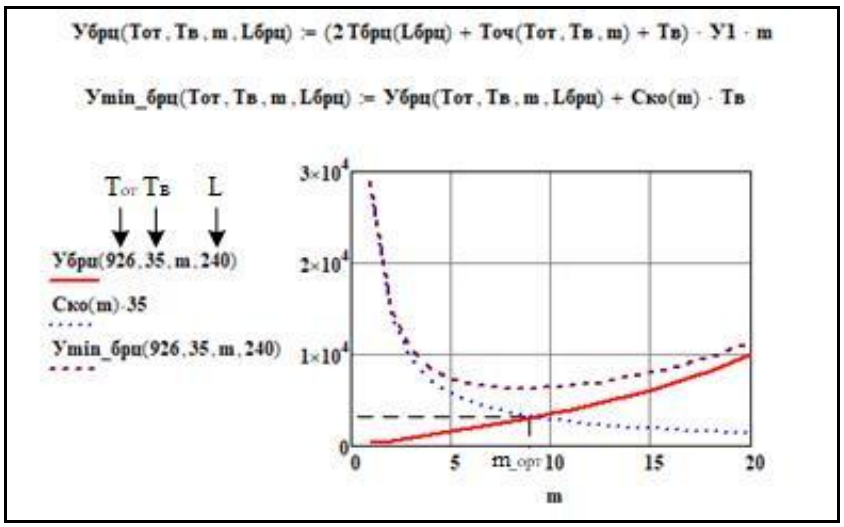


Рис. 8.16. Фрагмент компьютерного моделирования оптимального количества машин m, обслуживающих одним РП: $С_{ко}$ – затраты на содержание канала обслуживания, руб. ; У – ущерб от простоя в НР-3, руб.

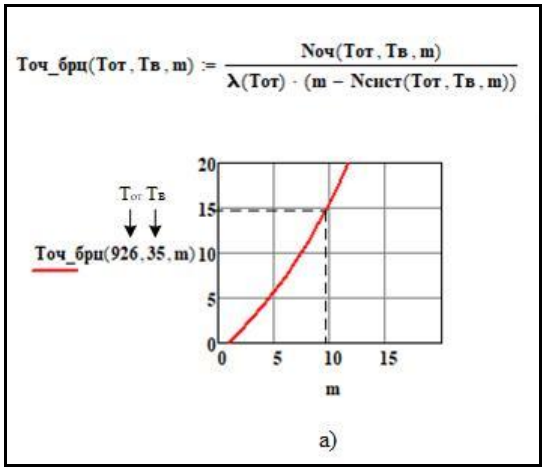


Рис. 8.17. Фрагмент компьютерного моделирования, графики расчета характеристик канала обслуживания СРО, где график: а) График времени ожидания в очереди при количестве обслуживающих машин одним РП, б) График времени ремонта в СМО при количестве обслуживающих машин одним РП

Компьютерное моделирование позволило установить конкретное значение оптимального уровня надежности ТТМ при заданном уровне эффективности ($R_{брц}$ = 0,4), равное 0,81 (рис. 8.18).

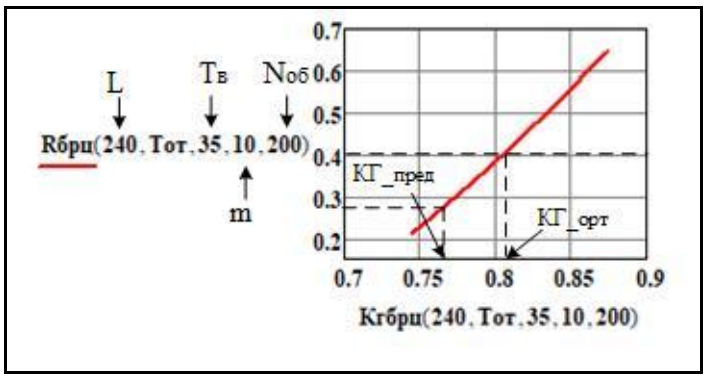


Рис. 8.18. Взаимосвязь уровня рентабельности парка машин R и коэффициента готовности Кг при различных входных параметрах: L – расстояния от объекта работы до места ремонта; $T_в$ – продолжительность времени восстановления работоспособности (сумма $T_{рем}$ и $T_{оч}$); *m* – количество машин, обслуживаемых одним постом; $N_{об}$ – количество машин в парке; КГ_пред – коэффициент готовности, предшествующий оптимизации параметров СОР; КГ_орт – коэффициент готовности после оптимизации параметров СОР

Ориентируясь на оптимальную величину $K_г$ и могут быть определены и другие оптимальные параметры СОР, входящие в формулу (8.7) и (8.9): $T_{оч}$, $T_{пер}$ и, главное, $T_{РР_опт}$.

8.5. Разработка системы критериев выбора типа БРЦ

При выборе БРЦ необходимо обращать внимание на его конструктивные и технические особенности. Известно, что при монтаже пневматического и воздухоопорного ангаров отсутствует необходимость в распланированной и подготовленной территории, так как отсутствие каркаса у данных видов предусматривает монтаж на неровной поверхности, что нельзя сказать о каркасном виде, где основой для устойчивости цеха является каркасные элементы конструкции, стоящие на ровной твердой поверхности или на бетонных блоках. При возведении каркасных видов цехов применяются металлические каркасы, их монтируют при помощи несъемной опалубки или монтируют сендвич-панели на бетонных блоках для

стабильной устойчивости. Указанные нюансы были подробно расммотрены в главе 7.

В целях исследования выбора видов БРЦ и разработка критериев выбора был выполнен аналитический поиск по каждому виду среди крупных производителей страны в данной области, который был предоставлен в главе 7. Сравнительный анализ основных характеристик видов БРЦ кратко отображен в таблице 8.3.

Таблица 8.3. Таблица характеристик БРЦ по видам

Характеристика	Надувные	Воздухоопорные	Каркасно-металлические
Срок монтажа	20 мин - 2 дня	2-7 дней	2-6 месяцев
Срок службы	10-15 лет	15-30 лет	50-100 лет
Стоимость	От 2700 руб/м²	От 1700 руб/м²	От 9,700 руб/м²
Мобильность	Высокая	Средняя	Низкая
Энергозависимость	Низкая	Высокая	Независимость
Температурный диапазон	-50°C до +50°C	-50°C до +50°C	Зависит от систем

Вид возведения БРЦ будет иметь ключевое свойство в скорости и цене развертывания:

В случае каркасно-тентового метода возведения перед пользователем выступают такие преимущества, как: скорость монтажа (2-3 дня), демонтажа, переноса, низкая металлоемкость, светопрозрачность (отсутствие необходимости дополнительного освещения в светлое время суток), простота сборки и гибкость (возможность модификаций существующих конструкций). В случае недостатков данного метода является: малый срок службы (порядка 15 лет), значительные теплопотери, большие затраты на энергию. Для натяжения гибких натяжных элементов каждому их них необходимо натяжное устройство типа талрепа – оборудование для ручного натягивания. Это замедляет общее время развертывания БРЦ. Данный момент подходит для строительства промышленных зданий и складов.

Метод легких стальных тонкостенных конструкций. Позволяет за короткий промежуток времени построить каркас цеха из легкого

оцинкованного профильного листа толщиной от 1,5 до 3 мм. Метод довольно распространен благодаря легкому процессу сборки. Преимущества: низкая стоимость строительства, звукоизоляция, прокладка коммуникаций внутри стен, экологичность. Недостатки: пожароопасность, необходимость в квалификации по установке и современного оборудования.

Бескаркасный метод. Самый простой в возведении и экономичный вариант строительства цехов. Недостатки: существенное ограничение применения по причине невысокой надежности.

Система подачи и нагнетания воздуха для пневматических и воздоухоопорных видов БРЦ является основной составляющей для дальнейшего их функционирования, на что предприятию необходимо обращать внимание при планировании заказа ремонтных цехов. Данная система функционирует постоянно. Поэтому стоит учитывать будущие размеры цеха, способные укрыть необходимое количество ремонтных постов для проведения ТОиР машин из состава предприятия, так как от размеров цеха зависит количество нагнетательных установок и затрачиваемая мощность.

В Таблице №8.4 изображены одни из многих основных критериев, от которых предприятие может отталкиваться при выборе ремонтных цехов. Как видно, во всех трех случаях есть основной важный фактор – мобильность конструкции и быстрота возведения, а также наличие утолщенной ткани из ПВХ. Также данные виды ремонтных цехов притягивают своей дешевизной. Только в первых двух видах существуют затраты на спец. технику, которая необходима для постоянного поддержания подачи избыточного давления.

Таблица 8.4. Таблица критериев выбора быстровозводимых ремонтных цехов

п/п	Критерии	Баллы по видам ремонтных цехов		
		Надувной (пневматический)	Воздухоопорный	Каркасный
1	Мобильность	5	5	3
2	Необходимость в распланированной территории под монтаж	5	5	5
3	Наличие утолщенной ПВХ ткани	5	5	5
4	Наличие высокой металлоёмкости	5	5	3
5	Обеспечение теплоизоляции от морозной внешней среды	5	10	8
6	Необходимость в системе подачи воздуха для поддержания устойчивости сооружения	*5*	5	10
7	Необходимость в спецтехнике при монтаже	5	5	3
8	Самостоятельное поддержание температурного режима	4	10	9
9	Вероятность нарушения целостности конструкции при внезапном прекращении подачи теплого воздуха	4	5	10
10	Быстровозводимость	10	8	5
11	Срок службы	5	7	10
12	Себестоимость возведения за $м^2$ бокса	6	5	3
13	Себестоимость эксплуатации 1 $м^2$ бокса	4	3	7
15	Устойчивость к ветровым нагрузкам	3	3	8
16	Максимальная площадь производственной зоны	3	4	10
	Итого	74	85	98

В результате наибольшее количество баллов набирает каркасный металлический БРЦ – хотя он имеет самую высокую себестоимость комплектующих и монтажа, его главное преимущество - надежность в суровых арктических условиях эксплуатации, долгий срок службы, меньшая себестоимость поддержания требуемого температурного режима, возможность получения больших производственных площадей.

8.6. Технико-экономическая эффективность предлагаемых решений

Расчет экономических характеристик машин и затрат на транспортировку техники

Расчет экономических характеристик техники начинается с ввода из предоставленной информации о средней часовой выручке (В1) и стоимости машино-часа (Смч) в рублях.

В расчете принимается $C_{мч}$, как сумма издержек владения машиной (40%) и затраты на эксплуатацию техники (60%). Исходные и рассчитанные экономические характеристики при анализе результатов эксплуатации ПСДМ, следующие (Табл. 8.5):

Таблица №8.5

Экономические характеристики машины				
п/п	Характеристика	Обозначение	Ед.изм	Кол-во
1	Выручка от работы одной машины	В1	тыс.руб/час	6
2	Себестоимость машино-часа	Смч	тыс.руб/час	4
3	Издержки владения машиной	Св	тыс.руб/час	1,6
4	Затраты на эксплуатацию	Сэ	тыс.руб/час	2,4
5	Прибыль на одну машину	П1	тыс.руб/час	2
6	Ущерб от простоя машины в НР (включает Св)	У1	тыс.руб/час	3,6
7	Прибыль на одну машину от сокращения времени перемещения	Ппер(Lсрб,Lбрц)	тыс.руб/час	120

8	Себестоимость машино-часа трейлера при транспортировании отказавшей машины	Стяг	тыс.руб/час	4
9	Затраты времени на погрузку-разгрузку	Тпог	час	0,5

По информации открытых источников и ЛГСС себестоимость машино-часа трейлеров при транспортировке отказавшей машины составляет Стяг около 4 тыс. руб. При этом затраты времени на погрузку-разгрузку техники на трал по информации ЛГСС занимается 0,5 часов.

Затраты на одно транспортирование с учетом исходных данных будут иметь линейную зависимость (рис. 8.19).

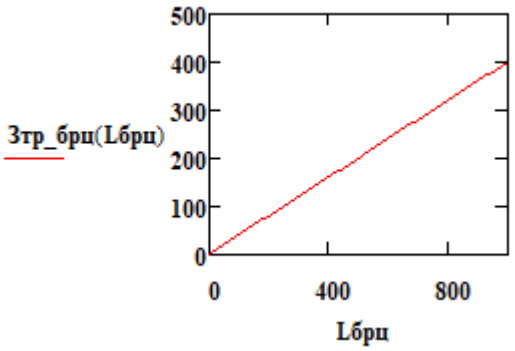


Рис. 8.19. График зависимости одного транспортирования отказавшей техники до СРБ/БРЦ

Расчет затрат на возведение, эксплуатацию, перемещение БРЦ и на оптимизацию количества каналов обслуживания БРЦ

БРЦ является каркасно-металлическим на 16 РП (в соответствии с принятым видом во второй главе), следовательно, затраты на возведение, срок службы и эксплуатационные затраты на его обслуживание будут следующими:

- $Z_{брц}$=100000 рублей;
- $t_{сбрц}$=15 лет;
- $Z_{эбрц}$=20000 рублей.

Сборка/разборка БРЦ зависит от сложности климатических условий, однако в среднем затраты за одну сборку и разборку составляет около Zрбрц=30000 рублей.

В соответствии с этим, с учетом затрат на перебазировку БРЦ, сборку/разборку и общих затрат на его возведение основные затраты в год будут состоять из суммы:

$$Z_{общ_брц}(L_{брц})=Z_{об_брц}+Z_{прц}(L_{брц}), \quad (8.11)$$

Рассчитанные данные заносим в таблицу (Табл. №8.6):

Таблица №8.6. Расчётные данные на возведение, эксплуатацию и перемещение БРЦ

Затраты на возведение, эксплуатацию и перемещение БРЦ				
1	Затраты на возведение нового БРЦ	Zбрц	тыс.руб	100000
2	Срок службы оборудования и конструкции БРЦ	tсбрц	год	15
3	Затраты на эксплуатацию БРЦ в год	Zэбрц	тыс.руб	20000
4	Затраты общие без учета перебазировки БРЦ в год	Zоб_брц	тыс.руб	26666,7
5	Срок службы БРЦ в одной точке (с учетом, что движение строительства составляет 50 км/год)	tбрц	год	2
6	Затраты на сборку/разборку БРЦ	Zрбрц	тыс.руб	30000
7	Затраты на одну перебазировку БРЦ	Zпбрц1(Lбрц)	тыс.руб	20000
8	Затраты на перебазировку БРЦ в год	Zпрц(Lбрц)	тыс.руб	25000
9	Затраты общие на БРЦ в год с учетом перебазировки	Zобщ_брц(Lбрц)	тыс.руб	51666,7

Расчет производится в функции длины расстояния от РО до места ремонта в БРЦ при транспортировке отказавшей техники их парка.

После выявленной математической модели (8.10), найденные оптимальные параметры СОР позволяют скорректировать данные ущерба, который будет получен при использовании БРЦ в НР. Для этого необходимы следующие вводные данные, которые уже были выявлены в предыдущих главах:

1. Количество машин в парке ($N_п$);

2. Количество постов (каналов обслуживания): $N_{ко(т)} = \frac{N_П}{m}$;

3. Затраты на содержание каналов, тыс. руб./час: $C_{ко(т)} = N_{ко(т)} \cdot C_{рк}$;

Годовой фонд времени работы цеха в год. В случае сезонного вида строительства в АЗРФ работы ведутся с октября по апрель месяц, соответственно, при 6 мес. работы и 12 часовом рабочем дне, годовой фонд рабочего времени БРЦ будет следующий, час: $T_г = 30 \cdot 6 \cdot 12 = 2{,}16 \times 10^3$;

Затраты при простоях канала обслуживания вычисляются по формуле, тыс.руб./час:

$$C_{пк} = \frac{Z_c}{t_{БРЦ} \cdot N_к \cdot T_г} \quad (8.12)$$

где $t_{БРЦ}$ – срок службы БРЦ (В среднем около 15 лет, см. таблицу №8.4).

При работе канала обслуживания добавляется зарплата слесаря, тыс. руб/час: $ЗП = 2$;

Затраты на работу канала обслуживания, руб/час: $C_{рк} = C_{пк} + ЗП$.

На основании предоставленных данных из таблицы №8.4 можно проанализировать затраты на БРЦ, где цена БРЦ растет за счет увеличения количества РП, а, следовательно, и производственной площади. В соответствии с данной таблицей можно рассчитать затраты на работу одного канала обслуживания, который будет функционировать внутри БРЦ.

Затраты при простое одного РП, тыс.руб/час: $C_{пк} = \frac{Z_{брц}}{t_{брц} \cdot N_к \cdot T_г} + \frac{Z_{эбр}}{N_к \cdot T_г} = 1{,}302$;

При работе канала обслуживания добавляется заработная плата слесаря, тыс.руб/час: ЗП=2.

Общая сумма на работу РП, тыс.руб/час: $C_{рк}$=3,302.

Оптимизация количества РП

Ущерб и соответственно прибыль, полученные от простоев в НР (при условии, что стоимость канала обслуживания $C_{ко}$=3,302 тыс.руб/час,

наработка на отказ варьируется в пределах $T_{от}$=979 машино-часов, время восстановления – $T_{в}$=20 часов, а также расстояние транспортировки от 100 до 1000 километров), после компьютерного моделирования показаны на графике (рис. 8.20):

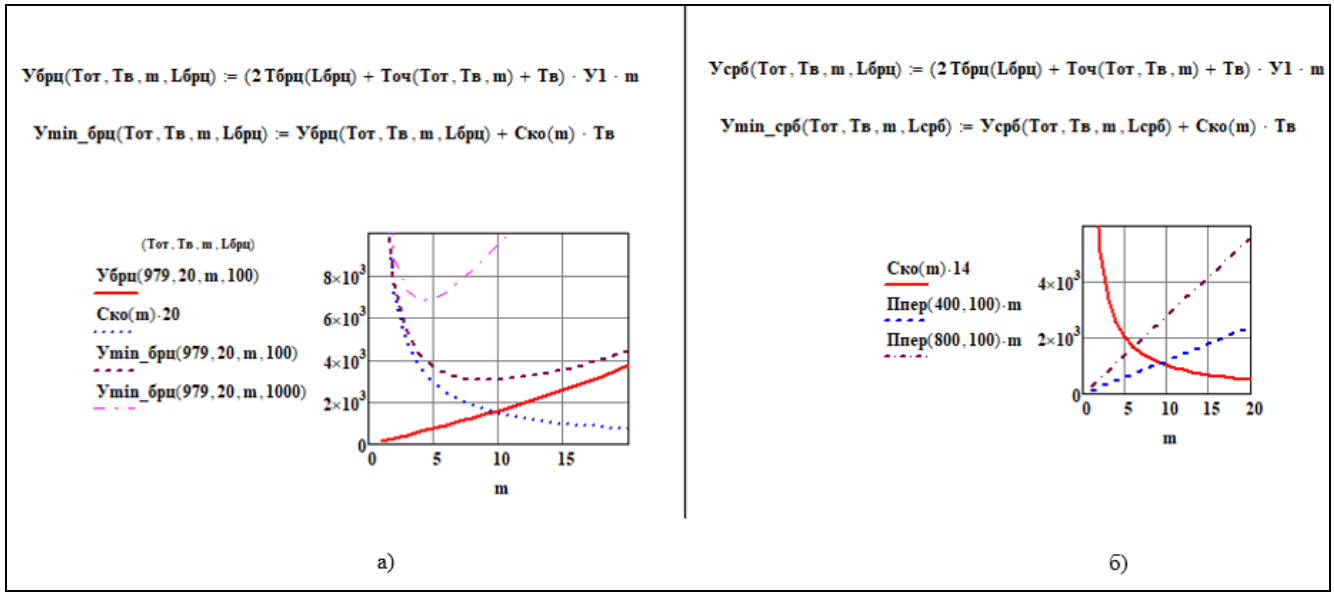


Рис. 8.20. Фрагмент компьютерного моделирования и графики расчета характеристик канала обслуживания БРЦ и СРБ, где график: а) График ущерба при простоях техники в НР при обслуживании в БРЦ в зависимости от количества обслуживающих машин одним РП, б) График сокращенной прибыли при перемещении техники в НР в БРЦ и СРБ при количестве обслуживающих машин одним РП

В соответствии с графиком ущерба при простоях в НР (рисунок 8.24а) оптимальное количество машин при заданных вводных данных, обслуживаемых одним РП - $m_{опт}$=9 шт.

Оптимальное количество каналов обслуживания при условии, что в ПСДМ находится 220 машин – $N_{ко_опт}$=24 шт.

ГЛАВА 9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ТТМ

9.1. Совершенствование СТЭ на основе информационных технологий (ИТ)

Крупные предприятия сферы механизации строительства одними из первых в новых экономических условиях почувствовали необходимость внедрения информационных систем[2] (ИС) в управление производственными процессами. Достаточно серьёзная конкуренция на рынке услуг в связи с возникновением множества мелких частных компаний, жёсткая налоговая политика, удорожание ресурсов поставили предприятия перед необходимостью мобилизовать все внутренние резервы. Очевидным стало то, что эффективная работа управлений механизации (УМ) уже невозможна без широкого использования ИТ и персональных компьютеров.

Во главу угла ставится качество и доступность необходимой информации для специалистов, удобство ее представления и использования для решения различных производственных задач. Ключевым направлением в развитии ИС становится интеграция информационных потоков и коммуникационное обеспечение работы производственных подразделений.

Основной составляющей частью ИС является информационная технология (ИТ), развитие которой тесно связано с развитием и функционированием ИС.

---

[2] Информационная система – совокупность содержащейся в базах данных (БД) информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий (ИТ) и технических средств (согласно ФЗ РФ № 149 от 27.06.2006г.).

Целью информационной технологии является создание из информационного ресурса качественного информационного продукта, удовлетворяющего требованиям пользователя. *Методами ИТ* являются методы обработки и передачи данных. *Средства ИТ* – это математические, программные, информационные, технические и другие средства.

Создание ИС и ИТ требует специальной организации информации и выделения специальной подсистемы – информационного обеспечения.

ИТ прошли путь развития от «кустовых», обеспечивающих отдельные производственные процессы, до интеграционных, характеризующихся использованием сетевых решений разного уровня, децентрализацией управления с помощью ЭВМ и новой организационной основой предприятий, базирующейся на широком применении ИТ в управлении.

ИС управления ТОР машин

В восьмидесятые годы XX века сформировались первые, широко применяемые ИС управления ремонтами машин CMMS (от Computerized Maintenance Management Systems – компьютеризированная система управления ТО) [2]. Данные системы автоматически отбирают заявки на запасные части, расходные материалы или оборудование, которое необходимо заменить или использовать в соответствии с графиком обслуживания, откладывают их на складе или подают знак о необходимости их закупки. Эти системы ориентированы на уменьшение затрат на ремонт оборудования и увеличение производительности.

CMMS-системы призваны поддерживать следующие функции:

− создание базы данных оборудования основных фондов;

− данные о необходимых запчастях и ремонтном персонале;

− проработка заявок на закупку деталей;

− календарное планирование ТОР;

− составление и хранение информации о расходах и происшествиях на предприятии;

– составление стандартных и полных отчетов о ремонтах и обслуживании оборудования.

В 90-х годах CMMS в большинстве случаев были расширены за счет функциональности для управления закупками и складскими запасами, людскими ресурсами (ремонтным персоналом), сопутствующим документооборотом и так далее – то есть элементами концепции ERP (от Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия). Возник класс программного обеспечения (ПО), названный EAM (Enterprise Asset Management) системы комплексного управления основными фондами.

Современные интегрированные EAM-системы дают возможность вести статистику по объекту, проводить анализ множества параметров, и на этом основании создавать более объективный план ремонта и сервисного обслуживания. Больший объем информации, упрощение ее сбора, повышение достоверности все это позволяет организации постепенно реализовывать *концепцию ремонта по состоянию*. Тем не менее, на сегодняшний день можно лишь констатировать, что ремонт по состоянию для большинства отраслей - все еще туманная перспектива.

Из концепции ремонта и обслуживания по состоянию сформировалось одно из направлений - **«стратегия функционирования без отказов»** (Zero Breakdown Strategy). Она представляет собой идеал, к которому следует стремиться, используя для этого все лучшее из практики и, разумеется, EAM-системы. Заявленный подход к реализации этой задачи получил название TPM (Total Productive Maintenance) – всеобщее и продуктивное управление ТОР. Собственно, подход представляет собой не некую четкую методологию, а скорее набор общих принципов, по аналогии с концепцией TQM (Total Quality Management – всеобщий контроль качества). Можно сказать, что TPM есть TQM, примененный к отдельной бизнес-области, а именно к ремонтам, диагностике и эксплуатации.

Наиболее прогрессивные EAM-системы сегодня позволяют осуществлять многомерный анализ данных и визуально отображать состояние ключевых показателей эффективности предприятия на основе **сбалансированных систем показателей** (BSC, Balanced Scorecard). Таким образом, EAM-системы расширяют свои возможности за счет средств управления эффективностью предприятия (что принято называть Performance Management). Суть сбалансированных систем показателей сводится к выделению подмножества так называемых «ключевых показателей эффективности - КПЭ» (KPI, Key Performance Indicators), установлению связей между ними в соответствии со значимостью параметров, а также оперативном мониторинге показателей и сопоставлению с нормативным значением.

Пожалуй, наиболее свежей концепцией является ILM (Integrated Lifecycle Management), заключающейся в интегрированном управлении ЖЦ основных фондов (EAM), работы с заказчиками (CLM) и продукции (PLM). Осуществление всего этого в единой информационной системе должно приводить к синергетическому эффекту и эффективному взаимодействию всех служб предприятия.

EAM-системы по существу являются «выборкой» из комплекса методологий концепции CALS применительно к ТОР и развивают основные принципы CALS в разрезе СТЭ.

Интегрированная логистическая поддержка (ИЛП). Одним из важных потребительских параметров сложного наукоемкого изделия является величина затрат на поддержку его ЖЦ (life cycle cost). Они складываются из затрат на разработку и производство изделия, а также затрат на ввод изделия в действие, эксплуатацию и поддержание его в работоспособном состоянии. Сокращение затрат на поддержку ЖЦ изделия – одна из целей CALS [56] (Continuous Acquisition and Lifecycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделий – это

концепция, объединяющая принципы и технологии информационной поддержки ЖЦ продукции, в основном машиностроительной, на всех стадиях). Комплекс управленческих технологий, направленных на сокращение этих затрат, объединяется понятием ИЛП (Integrated Logistic Support).

Согласно стандарту DEF STAN 0060 ИЛП включает в себя: анализ логистической поддержки, процедуры планирования процессов технического обслуживания и ремонта, интегрированные процедуры материально-технического обеспечения, меры по обеспечению персонала электронной эксплуатационной и ремонтной документацией.

Интегрированные информационные модели (ИИМ). Процесс технической эксплуатации машин, как и любой производственный процесс – это совокупность последовательно или/и параллельно выполняемых операций, преобразующая материальный или/и информационный потоки в соответствии с управляющими директивами, вырабатываемыми на основе целей деятельности. Математическое моделирование производственных процессов и использование эксплуатационной информации позволяет принимать оптимальные управляющие решения, наиболее эффективно расходовать ресурсы.

Математическое описание процесса ТЭ может быть представлено как совокупность составляющих процесс операций, необходимых условий и ресурсов, входных и выходных потоков. Совокупность информационных моделей изделия, процессов и ресурсов образует единую интегрированную модель, обеспечивающую информационную поддержку задач. ИИМ можно представить, как надстройку информационной среды (ИС) предприятия, содержащую совокупность моделей отдельных производственных процессов.

9.2. Широко используемые информационные технологии

Кроме претендующей на всеобъемлющее значение концепции CALS широко используются также технологии CASE и CRM, которые могут выступать в виде самостоятельных ИТ или использоваться в комплексе с мероприятиями CALS.

CASE - Computer Aided System Engineering - Автоматизированный системный инжиниринг. CASE-технология представляет собой методологию проектирования ИС, а также набор инструментальных средств, позволяющих в наглядной форме моделировать предметную область, анализировать эту модель на всех этапах создания и сопровождения ИС. Методология CASE широко используется при разработке ИС ТОиР.

CRM – Customer Relationship Management – (управление взаимоотношениями с клиентами) – бизнес-стратегия, ядром которой является клиенто-ориентированный подход.

Термином CRM обозначают не только информационные системы, содержащие функции управления взаимоотношениями с клиентами, но и саму стратегию ориентации на клиента. Суть этой стратегии заключается в том, чтобы объединить разные источники информации о клиентах, продажах, откликах на маркетинговые мероприятия, рыночных тенденциях для выстраивания наиболее тесных отношений с клиентами.

Использование CRM-технологий перспективно для совершенствования работы коммерческой эксплуатации ПЭСМ.

Интернет-технологии основаны на объединении информационных сетей в глобальную информационную структуру. Иными словами, Интернет – это глобальная международная ассоциация информационных сетей, которая имеет информационные центры, обслуживающие пользователей: они предоставляют документацию, распространяют программы, тексты книг, иллюстрации, коммуникационный сервис, электронную почту, службу

новостей, передают файлы и т.д. Технология Интернет используется в образовательных, научных целях, в бизнесе. Через Интернет многочисленные фирмы предоставляют разнообразные виды сервиса: свои базы данных и базы знаний, рекламу продукции и услуг, консультации и другие виды помощи.

Компания SpyLOG в 2006 г. провела исследование «Глобальные системы», отражающее общее состояние российской части Интернета, происходящие в нем качественные и количественные изменения и тенденции развития. Что касается поиска деловых партнеров, то главными источниками такой информации по-прежнему являются деловые связи – 24%, пресса и телевидение – 26%, участие в выставках и конференциях – 19%, а Интернет дает пока только 22% (в странах Западной Европы и США превышает 40%).

Одним из сдерживающих факторов применения Интернета в производственной деятельности является использование телефонных линий для передачи информации (низкая скорость, занятая телефонная линия). В 2007 году значительная часть крупных городов России будет оснащена оптическими линиями передачи данных, которые ускоряют и удешевляют процессы обмена информацией.

Развитие Интернет-технологий особенно перспективно для повышения эффективности службы материально-технического обеспечения эксплуатации строительных машин, управления разрозненными структурными подразделениями.

9.3. Эволюция информационных систем управления техобслуживания и ремонтами промышленного оборудования

Рассмотрим развитие ИС применительно к управлению ТОиР. В восьмидесятые годы XX века сформировались первые широко применяемые информационные системы управления ремонтами оборудования CMMS (от

Computerized Maintenance Management Systems) [18]. В 90-х годах CMMS в большинстве случаев были расширены за счет функциональности для управления закупками и складскими запасами, людскими ресурсами (ремонтным персоналом), сопутствующим документооборотом и так далее - то есть элементами концепции ERP (Enterprise Resource Planning). Возник класс программного обеспечения (ПО), названный EAM (Enterprise Asset Management системы комплексного управления основными фондами).

Современные интегрированные EAM-системы дают возможность вести статистику по объекту, проводить анализ множества параметров, и на этом основании создавать более объективный план ремонта и сервисного обслуживания. Больший объем информации, упрощение ее сбора, повышение достоверности все это позволяет организации постепенно реализовывать *концепцию ремонта по состоянию*. Тем не менее, на сегодняшний день можно лишь констатировать, что ремонт по состоянию для большинства отраслей - все еще туманная перспектива.

Из концепции ремонта и обслуживания по состоянию сформировалось одно из направлений - **«стратегия функционирования без отказов»** (Zero Breakdown Strategy). Она представляет собой идеал, к которому следует стремиться, используя для этого все лучшее из практики и, разумеется, EAM-системы. Заявленный подход к реализации этой задачи получил название TPM (Total Productive Maintenance) - всеобщее и продуктивное управление ремонтами и техническим обслуживанием. Собственно, подход представляет собой не некую четкую методологию, а скорее набор общих принципов, по аналогии с концепцией TQM (Total Quality Management, всеобщий контроль качества). Можно сказать, что TPM есть TQM, примененный к отдельной бизнес-области, а именно к ремонтам, диагностике и эксплуатации.

Наиболее прогрессивные EAM-системы сегодня позволяют осуществлять многомерный анализ данных и визуально отображать состояние ключевых показателей эффективности предприятия на основе

сбалансированных систем показателей (BSC, Balanced Scorecard). Таким образом, EAM-системы расширяют свои возможности за счет средств управления эффективностью предприятия (что принято называть Performance Management). Суть сбалансированных систем показателей сводится к выделению подмножества так называемых «ключевых показателей эффективности - КПЭ» (KPI, Key Performance Indicators), установлению связей между ними в соответствии со значимостью параметров, а также оперативном мониторинге показателей и сопоставлению с нормативным значением.

Пожалуй, наиболее свежей концепцией является ILM (Integrated Lifecycle Management), заключающаяся в интегрированном управлении жизненными циклами основных фондов (EAM), работы с заказчиками (CLM) и продукции (PLM). Осуществление всего этого в единой информационной системе должно приводить к синергетическому эффекту и эффективному взаимодействию всех служб предприятия.

EAM-системы по существу являются «выборкой» из комплекса методологий концепции CALS применительно к ТОиР и развивают основные принципы CALS в разрезе ТЭ.

Структура и принципы построения информационных систем. Крупные предприятия сферы механизации строительства одними из первых в новых экономических условиях почувствовали необходимость внедрения информационных технологий в управление производственными процессами. Достаточно серьёзная конкуренция на рынке услуг в связи с возникновением множества мелких частных компаний, жёсткая налоговая политика, удорожание ресурсов поставили предприятия перед необходимостью мобилизовать все внутренние резервы. Очевидным стало то, что эффективная работа УМС уже невозможна без широкого использования информационных технологий и персональных компьютеров. Потребность в качественной и точной информации явилась основой структурных и концептуальных

преобразований в дорыночных информационных службах предприятий и отрасли. Концепция АСУ, достаточно широко распространённая в 60…70-е годы, претерпела существенные изменения. Из самостоятельного специализированного подразделения для сбора и обработки данных АСУ постепенно преобразуется в распределенную информационную службу, занимающуюся обработкой данных и производством необходимой для управления информации непосредственно на рабочих местах. Во главу угла ставится качество и доступность необходимой информации для специалистов, удобство ее представления и использования для решения различных производственных задач. Ключевым направлением в развитии ИС становится интеграция информационных потоков и коммуникационное обеспечение работы производственных подразделений.

Основной составляющей частью информационной системы является информационная технология (ИТ), развитие которой тесно связано с развитием и функционированием ИС.

Целью информационной технологии является создание из информационного ресурса качественного информационного продукта, удовлетворяющего требованиям пользователя. *Методами ИТ* являются методы обработки и передачи данных. *Средства ИТ* — это математические, программные, информационные, технические и другие средства.

Концепция, лежащая в основе разработки ИТ управления не должна противоречить пяти принципам. Первый из них – системность и логичность построения функциональных элементов. Второй — широкое применение экономико-математических методов и стандартных программ прогнозно-статистического характера. Третий принцип предполагает декомпозицию системы на ряд комплексов (модулей) задач, каждый из которых моделирует определенную сферу управленческой деятельности. Четвертый принцип — использование новых методов и включение вновь созданных программных

модулей в систему автоматизации управленческих работ. Пятый — это принцип адаптации всех элементов и системы в целом.

Создание ИС и ИТ требует специальной организации информации и выделения специальной подсистемы — информационного обеспечения.

Информационное обеспечение (ИО) — важнейший элемент ИС и ИТ — предназначено для отражения информации, характеризующей состояние управляемого объекта и являющейся основой для принятия управленческих решений. ИО включает совокупность единой системы показателей, потоков информации — вариантов организации документооборота; систем классификации и кодирования экономической информации, унифицированную систему документации и различные информационные массивы (файлы), хранящиеся в машине и на машинных носителях и имеющие различную степень организации. Наиболее сложной организацией является банк данных, включающий массивы для решения регламентных задач, выдачи справок и обмена информацией между пользователями.

Информационные технологии прошли путь развития от «кустовых», обеспечивающих отдельные производственные процессы, до интеграционных, характеризующихся использованием сетевых решений разного уровня, децентрализацией управления с помощью ЭВМ и новой организационной основой предприятий, базирующейся на широком применении ИТ в управлении.

Для настоящего этапа характерным является создание корпоративных сетей, подключение предприятий к единой глобальной информационной системе страны, активное использование технологий электронного документооборота, организация логистических центров, предоставляющих пользователям на коммерческой основе доступ к удалённым базам данных и приложениям для автоматизации всех расчетных и поисковых операций, а также наличие нового, совместимого с ПЭВМ персонала. На этом этапе широко используются многофункциональные интегрированные информационно-

вычислительные системы на низшем и среднем уровнях управления и специализированные экспертные системы и системы интеллектуального анализа данных для составления прогнозов и поиска оптимальных решений на верхнем уровне. В целом, информационные технологии становятся новой единой организационной основой предприятий [6].

Информационные потоки и информационная иерархия. Информационные потоки (ИП), связанные с производственными процессами, можно разделить на потоки уровня отдельного предприятия (микроуровня) и потоки государственного или межгосударственного уровня (макроуровня). В свою очередь, ИП уровня предприятия можно разделить на внутрипроизводственные, связанные с оперативным управлением работой собственных служб, и внешние, связанные с осуществлением коммерческой деятельности.

Первый тип ИП уровня предприятия подразделяется на вертикальные или директивно-формальные, носящие характер приказов, распоряжений, отчётов, и горизонтальные или неформальные, носящие координационно-справочный характер. Вертикальный тип ИП определён инструкциями фискальных и законодательных органов, а также принятой на предприятии технологией управления. Он достаточно строго формализован как по форме, так и по содержанию. Горизонтальный тип ИП может принимать разные формы в зависимости от уровня развития ИТ на предприятии. В целом, проблема рационализации ИП в УМ на сегодня плохо исследована и имеются лишь отдельные рекомендации по их организации, основанные на практическом опыте [3].

Внешние ИП ориентированы на обеспечение руководителей различных служб и подразделений информацией справочного, делового, законодательного, аналитического и рекомендательного характера из различных внешних источников. ИП макроуровня служат для обеспечения

стабильности и согласованности в регулировании деятельности во внешней среде.

ИП макроуровня организуются между важнейшими государственными службами, призванными осуществлять управление деятельностью предприятий. С развитием ИТ организации получает всё большие возможности доступа к информационным источникам макроуровня и всё активнее интегрируется в их ИП благодаря таким новым технологиям, как Интернет.

9.4. Информационные технологии, используемые в области эксплуатации строительных машин

Имеющиеся на рынке информационные системы для управления предприятиями, которые по традиции называют АСУ (автоматизированные системы управления), по уровню решения задач можно разделить на три категории: со «слабым интеллектом», предназначенные для учета и первичной обработки данных; со «средним интеллектом», позволяющие производить оценку деятельности предприятия; с «высоким интеллектом», способные прогнозировать деятельность и решать задачи оптимизации управления процессами. Системы высокого уровня, естественно, решают и задачи систем более низкого уровня.

По направленности действия АСУ можно разделить на группы:

1. Автоматизации отдельных сторон деятельности предприятий: бухгалтерские, складские, снабженческие, учета выпуска продукции отдельными подразделениями и предприятием в целом, учета работы и ТОиР оборудования, учета работы персонала и т.д. Все блоки ИС интегрированы в общую АСУ предприятия и представляют по своей сути базы данных с присущими им функциями. На крупных предприятиях такие ИС разрабатываются силами своих программистов. На рынке ИТ такие

программные средства представлены многими фирмами, наиболее известные из которых «1С-Рарус», «dialssoft», «ИНИНГ Бизнес Софт» и другие;

2. Автоматизации анализа деятельности предприятий – программные средства, снабженные специальным блоком анализа, например, «Аудит» фирмы «ИНИНГ Бизнес Софт»;

3. Автоматизации планирования отдельных сторон деятельности предприятий – программные продукты первой группы, снабженные интеллектуальным блоком планирования на основании перспективных планов. Как правило, разрабатываются поставщиками ИС совместно с потребителями. Существуют и специальные ИС, наиболее известная из которых «Microsoft Project» фирмы «Microsoft»;

4. Автоматизации анализа инвестиционных проектов развития предприятия. Разрабатываются обычно специализированными фирмами для конкретных предприятий, но существуют и специальные ИС, созданные для самостоятельного использования организациями, это, прежде всего, «Project Expert» разработки одноименной фирмы.

5. Отдельным пунктом следует выделить высокоинтеллектуальные программные средства, построенные на моделях оптимизации структуры предприятия, их функционирования, решений отдельных производственных задач.

Практически на всех предприятиях используются в той или иной мере АСУ первой группы. Применение более высоких ИТ (вторая-четвертая группы) характерно для развивающихся промышленно-коммерческих и торговых организаций. Применение ИТ пятой группы происходит, как правило, по инициативе научно-исследовательских организаций, стремящихся внедрить в производство свои разработки. Следует отметить, что чем выше уровень АСУ, тем в большей степени используются элементы CALS-технологии.

Лидером в разработке программного обеспечения (ПО) предприятий в России является фирма «1С-Рарус» (г. Москва, www.rarus.ru). Этой фирмой разработан комплекс программных средств «1С-Предприятие» для организаций различного типа, охватывающий значительную часть сторон их деятельности. В управлениях механизации строительства (УМС) из данного комплекса используются программные средства «1С-Бухгалтерия», «1С-Склад», «1С-Снабжение». Программы для учета наработки машин, планирования и учета работ по ТОР разрабатываются своими силами или с привлечением специализированных фирм. Такой набор ПО обеспечивает текущее управление эксплуатацией техники, но не позволяет производить тактическое и стратегическое планирование деятельности вследствие отсутствия программных средств анализа.

Фирма ООО «СКБ «Индикатор» (г. Санкт-Петербург, www.indikator.spb.ru) выпускает программные комплексы автоматизированного рабочего места механика (АРМ) для управления системой ТОиР промышленного оборудования, в которых предусмотрены информационные подсистемы учета, сбора и переработки информации по его эксплуатации и ремонту. Данное ИО также может быть адаптировано для предприятий по эксплуатации строительной техники.

Фирма «DialsSoft» (г. Москва, www.dialssoft.com) предлагает автоматизированную систему «Мехколонна», которая содержит несколько функциональных модулей: «Учёт транспортных средств»; «Диспетчерская»; «Складские операции»; «Учёт затрат»; «Передача данных»; «Формирование отчётов»; «Учёт работы водителей». Аналогичными возможностями обладают и АСУ «Автоперевозчик», «1С:Рарус – Автотранспорт».

Указанные АСУ выполняют традиционные наборы простых операций, характерных для служб АТП дорыночного образца. Это типичный пример системы базового уровня со «слабым интеллектом», предназначенной для учета и первичной обработки данных.

Несколько большими возможностями обладает специализированная компьютерная система «Иннинг-Автопарк» компании «ИНИНГ Бизнес Софт» (г. Москва, www.ining.ru). Кроме стандартного набора функций, система имеет модуль оценки эффективности работы АТП.

Информационно-технологический центр «ИТЦ «Мебиус» (г. Санкт-Петербург, www.mebius.spb.ru) проводит на российском рынке внедрение информационной системы «Logihold», разработанной датской фирмой «Mëbius». ИС предназначена для управления процессами ТОиР и материально-технического обеспечения (МТО) технических объектов предприятий, имеющих территориально распределенную структуру.

Особенно применима данная система для планирования ТОиР сложных технических объектов, например, крупных судов. Первым этапом разработки ИС является создание электронного паспорта (ЭП) технического объекта. Для этого строится дерево систем объекта, причем декомпозиция производится до самой мелкой детали. Для каждой системы, узла, детали составляются технологические карты ТОиР, на основании которых производится планирование, учет и контроль всех операций.

ИС «Logihold» обеспечивает выполнение основных операций и работ в разрезе ТОиР и МТО: управление техническим обслуживанием и ремонтами; управление снабжением; управление запасами; сбор, обработку и анализ данных о надежности; ведение электронной эксплуатационной документации; подготовку сопутствующих отчетных форм и документов. Данная ИС отвечает требованиям концепции CALS в сфере эксплуатации техники. ИС «Logihold» можно отнести к АСУ со «средним уровнем интеллекта», и ее внедрение в управление ПЭСМ позволило бы значительно поднять уровень эксплуатации строительных машин. Использованию данной ИС в сфере эксплуатации строительных машин препятствуют два обстоятельства: цена ИС «Logihold» превышает на порядок цену вышеуказанных АСУ (это характерно для всех иностранных АСУ);

отсутствуют электронные варианты паспортов поставляемой техники, затраты на создание которых соизмеримы со стоимостью самой АСУ.

Одними из передовых является программный комплекс TRIM (Target Transformed Intelligent Management – целевое трансформированное интеллектуальное управление) разработки НПП «СпецТек» (г. Санкт-Петербург, www.trim.ru), содержащий элементы CALS-технологии. Основу ИС составляют: база данных по парку машин; интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР), содержащие каталоги запасных частей и технологии ТОиР, поставляемые изготовителем техники или создаваемые на основе бумажных документов. Входная информация вводится с помощью форм, составленных на основании стандартов, выходная формируется посредством отчетов и служит для анализа и планирования процессов эксплуатации. Предусмотрена оценка качества эксплуатации и ТОиР посредством ряда показателей, вычисляемых на основании информации баз данных.

Данные разработки представляются наиболее перспективными для использования в управлении эксплуатацией строительных машин. Тем более, что НПП «СпецТек» готово поставлять свою продукции предприятиям по эксплуатации строительных машин по конкурентно способным ценам и идти на сотрудничество с внедренческими фирмами по адаптации своих программных продуктов в строительной отрасли. Существенную проблему представляют отечественные предприятия-изготовители техники, не прошедшие сертификацию по стандартам ИСО-9000, и поэтому не поставляющие электронную эксплуатационную документацию.

Применение электронного каталога и технического руководства машины. Согласно принципам CALS-технологий, при интеграции всех данных об изделии в рамках ЕИП применяются специализированные программные средства – *системы управления данными* об изделии (PDM – Product Data Management). Задачей PDM-системы является аккумулирование

всей информации об изделии, создаваемой прикладными системами, в единую логическую модель.

Учитывая это, а также то, что потребителю необходимы только эксплуатационные данные об изделии, в качестве средства доступа к ЕИП он будет использовать не PDM-систему, а интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР), создаваемые в рамках интегрированной логистической поддержки изделия (ИЛП). ИЭТР, согласно стандартам ИСО-9000, должны поставляться потребителю вместе с покупаемой машиной.

ИЭТР представляет собой структурированный программный комплекс, содержащий взаимосвязанные технические данные и предназначенный для выдачи в интерактивном режиме справочной и описательной информации об эксплуатационных и ремонтных процедурах, относящихся к конкретному изделию.

ИЭТР включает в себя базу данных (БД), где хранится вся информация об изделии, и электронную систему отображения (ЭСО), предназначенную для визуализации данных и обеспечения интерактивного взаимодействия с пользователем.

ИЭТР предоставляет пользователю следующие возможности [17]:

− отображение информации в удобном для пользователя виде (техническое руководство, каталог деталей и т.д.);

− обеспечение пользователя справочным материалом об устройстве и принципах работы, эксплуатации и технологии выполнения регламентных работ, необходимых инструментах, материалах и о количестве и квалификации персонала;

− визуализация элементами мультимедиа сложных профилактических и ремонтных процедур;

− возможность использования встроенных систем диагностики состояния оборудования и поиска неисправностей;

− организация оперативного обучения персонала правилам эксплуатации, обслуживания и ремонта изделия;

− возможность автоматизированного заказа материалов и запасных частей;

− обмен данными между потребителем и поставщиком;

− возможность обновления информации об изделии в связи с ремонтом, модификацией, применением новых материалов;

− планирование, учет проведения регламентных работ.

Интегрирование ИЭТР с АСУ ТОиР поднимет систему ТЭ на качественно новый уровень – позволит автоматизировать большинство операций, связанных с управлением и планированием ТОиР. Однако, ИЭТР отечественными изготовителями строительных машин не поставляются по причине их отсутствия. ИЭТР импортной техники имеется только в фирменных сервисных центрах, потребитель такого документа на руках не имеет. Возможность покупки ИЭТР ограничивается его высокой стоимостью – от ста тысяч рублей.

Для интегрирования с АСУ не требуется такой функции электронного руководства, как интерактивность. Гораздо важнее для АСУ наличие электронного каталога запчастей, снабженного активными графическими схемами узлов машины. Поэтому разработчикам АСУ ТОиР приходится создавать такие каталоги «вручную», используя бумажные каталоги заводов-изготовителей или ИЭТР-ы (крайне редко, потому, что таковые практически отсутствуют). Получаемый в результате электронный документ можно назвать ЭКТР электронный каталог и техническое руководство.

Анализ использования информационных технологий ТОиР

Фирма «ИТМ» (Санкт-Петербург) провела в 2015 г. анализ использования и потребности в информационных средствах обеспечения ТОиР в промышленности РФ. Результаты оказались такими.

Инициаторами заполнения анкеты в большинстве случаев были работники технических служб, в первую очередь – службы главного механика.

На подавляющем большинстве опрошенных предприятий (около 90 % опрошенных) задачи учета и паспортизации оборудования решаются либо «вручную», либо - в лучшем случае – с помощью офисных программ. Еще хуже обстоят дела с задачами планирования ремонтов, учета дефектов, хранения технической документации.

Большинство участников назвали актуальными (важными или очень важными) для своего предприятия все предложенные функции ТОиР, а именно учет и паспортизацию оборудования, электронный архив документации, планирование и учет выполнения ремонтов, учет дефектов, учет нормативов на запчасти и материалы.

Более 40% участников опроса считает, что вопрос о приобретении системы ТОиР стоит на повестке дня. Остальные лишь собирают информацию о таких системах.

Среди обстоятельств, препятствующих использованию систем ТОиР, подавляющее большинство участников опроса назвало нехватку информации об этих системах. Эту причину назвали важной или очень важной 86% опрошенных. На втором месте – нехватка средств на приобретение и внедрение (54%). Далее следует неготовность персонала среднего уровня (31%), и на последнем месте – скептическое отношение руководства к использованию ИТ в производственной сфере (16%).

Результаты анализа использования ИТ в эксплуатации строительных машин. В 2010-2015 гг. сотрудниками кафедры наземных транспортно-технологических машин СПбГАСУ был проведен анализ использования ИТ в управлениях механизации и других ПЭСМ г. Санкт-Петербурга. Также проводился опрос с участников семинаров, проведенных

в СПбГАСУ, со слушателями курсов повышения квалификации, с участниками различных конференций.

Было установлено, что на подавляющем большинстве российских ПЭСМ используются информационные технологии управления ТОиР: 100% случаев – стандартные офисные пакеты; 80% «1-С Предприятие» (продукт фирмы «Рарус»); 10% – собственные разработки; 10% заказывают ПО в региональных ИТ-центрах. Однако, большинство ПО имеет только регистрирующие функции и не позволяют оценивать эффективность СТЭ, не автоматизирует планирование ТОиР, МТО. Специализированные программы АСУ ТОиР не применяются, паспортизация техники не проводится.

Реально подойти к приобретению АСУ ТОиР готовы немногие не более 10% ПЭСМ. Прочим мешают различные обстоятельства, среди которых важное место занимает неготовность руководства предприятия («распорядителей кредитов») тратить какие бы то ни было средства на ИТ в производстве. При этом техническое руководство предприятия, как правило, заинтересовано в развитии систем ТОиР, понимает их важность. Интересен тот факт, что среди причин, мешающих приобретению систем ТОиР, практически никто не называет их недостаточную функциональность.

Был проведен опрос порядка сорока предприятий-изготовителей строительных, дорожных, грузоподъемных, коммунальных машин. Ни одно из опрошенных предприятий не поставляет ИЭТР. На предложение о создании АСУ ТОиР со встроенным ИЭТР откликнулся только «Тракторный завод», входящий в состав ПО «Кировский завод».

Одной из главных причин является отсутствие специального ПО для использования на ПЭСМ, способного решать весь комплекс задач по автоматизации управления ТЭ.

9.5. Разработка информационной автоматизированной системы управления технической эксплуатацией (ИАСУ ТЭ) ТТМ

ИАСУ ТЭ является совместной разработкой Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, выполненной с участием автора, и НПП «СпецТек». В ИАСУ реализована одна из основных идей работы авторов в области эксплуатации машин – создать систему управления работоспособностью машинным парком, совершенствующуюся по мере развития науки и техники, отвечающую современным концепциям эксплуатации, работающую на всех этапах жизненного цикла машин, обеспечивающую наибольшую эффективность их применения. ИАСУ не только обеспечивает автоматизацию основных процессов планирования и управления ТЭ, но и выбор оптимальных управленческих решений путем использования моделей оптимизации процессов ТЭ, описанных в предыдущих главах [58].

9.5.1. Структура ИАСУ ТЭ

Функциональная схема ИАСУ состоит из двух основных частей – программной части и базы данных. Программная часть выполняет основные функции по управлению ТЭ (планирование, обеспечение ресурсами, сбор и анализ информации, контроль, прием и передача данных), оперируя информацией, поставляемой базами данных.

База данных (БД) формируется в процессе паспортизации машин и оборудования и продолжает пополняться при эксплуатации ИАСУ. Именно полнота БД определяет в значительной степени функциональные возможности ИАСУ и оптимальность решений в планировании мероприятий ТЭ. Создание БД составляет наиболее трудоемкую часть работ по производственному внедрению ИАСУ. Авторами разработана структура базы

данных для ИАСУ и форма «Информационной базы технической эксплуатации» для подачи заявки на авторское право (Приложение 6).

Программная часть ИАСУ имеет модульную структуру. Типовой набор для предприятий, эксплуатирующих технику, содержит следующие модули:

Техобслуживание (учет наработки машин, отказов, затрат ресурсов, планирование работ по обслуживанию и ремонту, формирование ремонтной и эксплуатационной документации);

Каталог (описание структуры ОПФ, работа с электронным справочником запасных частей и материалов, базой данных графических изображений узлов оборудования, ведение справочников производителей и поставщиков);

Склад (формирование заявок на закупку запасных частей и материалов, оформление складских приходных документов, размещение запасных частей по местам хранения, учет остатков складских запасов, списание запасных частей при выполнении работ по техобслуживанию, формирование актов инвентаризации и списания);

Документооборот (ведение электронной эксплуатационной и ремонтной документации, разработка новых инструкций, параллельное ведение электронной и бумажной документации).

Администратор (содержит ДБ – «Сотрудники», «Штатное расписание», «Должностные инструкции». Распределяет производственные функции и режимы доступа в ИАСУ).

9.5.2. Формирование оптимальной СТЭ для конкретного предприятия и гибкой стратегии ТЭ

Данный процесс происходит в ходе адаптации ИАСУ к конкретному предприятию.

К каждой работе ТОиР привязываются требуемые запчасти, материалы, трудовые, временные и др. ресурсы, необходимая ремонтная документация. Производится детальная проработка технологии каждой операции ТОиР: выбор современной технологии, подбор оборудования, документации, контролируемых параметров, средств контроля, формирование состава рабочих бригад, форм учета и отчетности, оценки временных и материальных затрат, контроля качества проведения операций ТОиР.

На данном этапе формируется оптимальная стратегия ТЭ для конкретного эксплуатационного предприятия путем: оптимизации ремонтных мощностей на основе интегрированных информационных моделей и эксплуатационной информации; разделении операций ТОиР на выполняемые собственными силами и специализированными предприятиями.

Именно на данном этапе работы закладываются основы гибкой (индивидуальной) стратегии ТЭ. Для каждой машины формируется свой регламент работ в соответствии с ее возрастом, конструктивными особенностями, характером использования, особыми требованиями. Используется комплекс стратегий формирования ТОиР (планово-предупредительная по наработке, календарному времени работы, уровню надежности, техническому состоянию, превентивная, гарантийная, фирменная, по факту отказа, сезонная, по времени прохождения технического контроля, по требуемому уровню безопасности).

Управление техническим состоянием машин, реализуется по методике, разработанной в четвертой главе, а именно, по замкнутой схеме с комбинированным контролем технического состояния – по уровню надежности и по значениям контролируемых параметров.

9.5.3. Разработка баз данных

По принадлежности состав БД можно разделить на три блока (рис. 9.1) информация о машине, системе ее ТЭ и эксплуатационном предприятии. Часть БД, относящаяся к машине (выделена серым цветом), может быть полностью укомплектована информацией до установки программной части в информационную сеть предприятия. Следует отметить, что на рынке информационных продуктов (ИП) отсутствуют БД строительных машин в виде, готовом для использования в информационных системах управления эксплуатацией. Поэтому сотрудниками СПбГАСУ были разработаны базы данных для ряда транспортно-технологических машин. Созданные БД защищены авторским правом и являются интеллектуальной собственностью СПбГАСУ.



Рис. 9.1. Структура баз данных

Назначение отдельных БД, приведенных на рис. 9.1.

1.1. Перечень запчастей и расходных материалов.

Обеспечивают информацией о запчастях программные модули ИАСУ, справочники и каталоги.

1.2. Каталог сборочных единиц и деталей с присоединенными работами по техобслуживанию и ремонту (ТОиР).

Поставляет информацию для автоматизированного планирования мероприятий ТОиР.

1.3. Активные графические материалы, программно связанные с каталогом.

Обеспечивают визуализацию процесса выбора запчастей для ремонта.

2.1. Ремонтная и эксплуатационная документация.

Содержит сведения для построения системы ТЭ машины.

2.2. Технологические режимы ТОиР.

Содержат перечень, периодичность, состав, трудоемкость, операций ТОиР.

2.3. Диагностические параметры.

Служат для оценки технического состояния машины и прогнозирования остаточного ресурса.

2.4. Сторонние организации.

Содержат перечень организаций по сервису и ремонту техники.

3.1. Перечень ОПФ ремонтно-эксплуатационного предприятия.

Служит основой для формирования древовидной структуры объектов ТЭ.

3.2. Структура ремонтно-эксплуатационной службы предприятия.

Служит для построения функциональных связей системы ТЭ.

3.3. Склад.

Содержит информацию по структуре склада, расположению, наличию и стоимости запчастей и материалов.

3.4. Штатное расписание.

Служит для распределения функций между исполнителями.

3.5. Должностные инструкции.

Содержат дополнительную информацию для распределения функций между исполнителями.

3.6. Тарифные ставки предприятия.

Служат для расчета затрат на выполнение работ по ТЭ.

3.7. Сторонние организации.

Содержат перечень поставщиков запчастей, материалов, контролирующих и пр. организаций.

Отдельные БД могут состоять из более мелких БД, детализирующих информацию. Так, в пункте 2.2. «Технологические режимы ТОиР» выделены восемь БД (рис. 9.2), деление которых также может быть продолжено. И, чем выше детализация информации, тем выше уровень функциональности ИАСУ.

Комплекс баз данных, содержащий информацию о машине и режимах ТОиР, представляет собой информационный продукт, обладающий рыночной ценностью, и является объектом инновационной деятельности СПбГАСУ. Комплекс баз данных разрабатывается для каждой машины, и на него оформляется заявка на авторское право с названием «Информационная база технической эксплуатации (ИБТЭ) строительной машины». Наибольшей трудностью при разработке ИБТЭ является обоснование количества информации, которую следует в нее поместить.

Задачей формирования ИБТЭ является создание информационного продукта, обладающего, с одной стороны, индивидуальностью, позволяющей претендовать на авторское право, с другой стороны, функциональностью, обеспечивающую его рыночную ценность.

Рыночная ценность определяется востребованностью продукта, связанной с количеством потенциальных покупателей и конкурентоспособностью, обеспечиваемой уникальностью предложения, преимуществами перед аналогами и выгодным соотношением цена/качество.

С повышением информационного содержания БД увеличиваются не только функциональные возможности ИАСУ, но и стоимость продукта. Поэтому существует оптимальный уровень информационной насыщенности ИБТЭ, каким и должен обладать заявляемый объект, как рыночный продукт.



Рис. 9.2. Состав баз данных по технологическим режимам ТОиР

Всю информацию баз данных можно разделить на связанную с техническими возможностями ПЭСМ производить операции ТОиР и не связанную. Информация, зависящая от ПЭСМ, заносится в базы данных в период адаптации ИАСУ к конкретному предприятию. Информация, относящаяся к машине, и часть данных по технологическим режимам ТОиР позволяют планировать отдельные мероприятия ТЭ независимо от ПЭСМ.

Какими предприятиями, связанными с эксплуатацией строительных машин, может быть востребован заявляемый объект – комплекс баз данных (рис. 9.3)



Рис. 9.3. Сфера применения заявляемого объекта

Анализ области применения заявляемого объекта показывает, что практически все организации, связанные с эксплуатацией строительных машин, интересует «планирование использования машин с учетом простоев в плановых мероприятиях ТЭ», которое обеспечивает информация по структуре, периодичности и общей трудоемкости операций ТОиР (пункты 2.2.1, 2.2.2, 2.2.4 на рис. 9.2). Однако, этому уровню максимальной востребованности не отвечает условие уникальности заявляемого объекта,

т.к. ИАСУ с указанным набором функций уже широко применяются в области эксплуатации строительных машин.

Поэтому следует ориентироваться на комплекс БД, содержащих информацию по машине и технологическим режимам ТОиР и позволяющую планировать отдельные мероприятия ТЭ независимо от ПЭСМ. Эти БД выделены на рис. 9.1 и 9.2 серым цветом.

Базы данных (БД) представлены в виде «Справочников», объединенных в два модуля – «Каталог» и «Справочники ТОиР», и электронных документов модуля «документооборот». Справочники представляют собой также электронную документацию по эксплуатации машин и работе предприятия и должны поэтому отвечать требованиям соответствующих ГОСТов.

Интеграция БД в ИАСУ проводится в несколько этапов. Сначала вся электронная документация (ЭД), имеющаяся на предприятии по конкретной машине, переводится в электронный вид и помещается в модуль «Документооборот». Документы, составленные на иностранном языке, по желанию заказчика переводятся на русский.

Основная трудность, с которой приходится сталкиваться на данном этапе – отсутствие полного объема ЭД. Поэтому приходится добывать недостающие документы в других организациях или на заводах-изготовителях.

На втором этапе производится создание электронных справочников запасных частей, материалов, запись в базу данных графических изображений узлов оборудования, устанавливаются гиперссылки между списками деталей и изображениями узлов. Это самая трудоемкая часть работы, т.к. количество деталей достигает нескольких тысяч (от пяти до тридцати), а изображений нескольких сотен.

На третьем этапе создаются «Справочники ТОиР», содержащие режимы ТОиР, требуемое оборудование, персонал, поставщиков, смежников и другие ресурсы.

Именно наличие БД делает возможной автоматизацию большинства организационных процессов ТЭ. Никакие другие ИАСУ ТЭ строительных машин не имеют таких баз данных, и, следовательно, способны автоматизировать лишь малую часть процессов.

9.5.4. Опыт внедрения ИАСУ

В 2007 г. ИАСУ внедрена в Управлении механизации – филиале ОАО «Метрострой» г. Санкт-Петербурга (сведения о внедрении системы: www.trim.ru/content/view/352/2) [73, 77, 78]. Можно выделить пять основных этапов внедрения ИАСУ. *Первый этап* предусматривает анализ организации системы технической эксплуатации на предприятии с точки зрения наиболее рациональной адаптации ИАСУ к ее структуре. Первый этап заканчивается разработкой технического задания на интеграцию ИАСУ в систему управления эксплуатацией машин.

На втором этапе устанавливается базовая, программная часть ИАСУ, программы-конверторы для обмена данными с другими АСУ («Бухгалтерия», «Склад» и т.д.), формируется сетевая структура с необходимым количеством пользователей, производится обучение персонала. Для Управления механизации были организованы три пользователя: главный инженер, начальники ПТО и службы материально-технического снабжения.

На третьем этапе производится разработка баз данных по запчастям, материалам, режимам ТОиР для каждой единицы техники (если в комплект поставки не входят готовые БД по машинам) и интеграция их в программную оболочку. Сотрудниками СПбГАСУ были разработаны базы данных для ряда уникальных машин, работающих в Метрострое [82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89]:

автокрана GroveGMK 4080, дизель–генератора Caterpillar 3306, гидромолота Mazal HRB-350, бетононасоса CIFACP 506-309, грейфера Bauer MC 32, дизеля Isuzu 6HK1, грейфера Bauer BG 28, бетононасоса INGERSOLLRANDXHR 760.

Составление БД производится постадийно для обеспечения наискорейшего ввода ИАСУ в работу. Сначала вводятся режимы плановых операций ТОиР для возможности автоматизации их планирования. Практически все ИАСУ ТОиР, применяемые в области эксплуатации строительных машин, ограничиваются выполнением только этой функции. Затем составляются электронные каталоги запчастей и материалов на основе документов, поставляемых производителем машин. На этой стадии ИАСУ способна присоединять к операциям ТОиР необходимые запчасти и планировать потребность в них. На последней стадии составления БД в нее заносятся данные по объектам ТОиР, средства и ресурсы для выполнения работ ТОиР – состав рабочих бригад, перечень и технология выполнения работ, трудоемкость по каждому исполнителю, документация, материалы, инструменты, оборудование, средства контроля и т.д.

В результате ИАСУ получает возможность функционировать почти в полном объеме. Трудоемкость составления БД по одной машине составляет от ста до четырехсот человеко-часов работы в зависимости от сложности техники и распределяется по стадиям в примерном соотношении 1:4:3.

На четвертом этапе производится составление электронных форм документации для ввода данных, управления, учета и отчетности. Электронные формы повторяют в основном бумажные, принятые на предприятии. Также на этом этапе дорабатывается БД по выполнению неучтенных в третьем этапе операций технической эксплуатации: проведению неплановых ремонтов, корректировке планов ТОиР, анализу качества выполнения операций, обработке эксплуатационной информации по наработке, отказам, техническому состоянию машин и т.п. БД дополняется

документацией для ТОиР: инструкциями по выполнению отдельных видов работ, нормативными документами, штатным расписанием и т.д. В итоге БД должна содержать всю документацию по работе предприятия, эксплуатирующего строительные машины.

Пятый этап можно назвать «опытная эксплуатация» ИАСУ. На этом этапе производится составление инструкций по работе с ИАСУ, производится окончательное обучение персонала.

Сотрудниками кафедры наземных транспортно-технологических машин производится также разработка ключевых положений по эксплуатации сложных технологических линий предприятий по производству строительных материалов и конструкций [59, 74].

Расширение функций ИАСУ. По своим возможностям и назначению ИАСУ относится к типу информационных систем EAM (Enterprise Asset Management, по западной классификации системы комплексного управления основными фондами) и поэтому способна управлять не только технической эксплуатацией машин, но и всеми фондами предприятия. Для этого БД пополняется информацией обо всех основных фондах (зданиях, сооружениях, оборудовании, инструментах и т.д.).

Для расширения функций ИАСУ может быть дополнительно оснащена модулями «Система снабжения и сбыта», «Бюджет», «Персонал», «Диспетчерский журнал» и другими.

9.5.5. Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла продукции

В 2007 году разработано техзадание на создание ИАСУ для интегрированной логистической поддержки (ИЛП) жизненного цикла тракторов, выпускаемых ОАО «Кировский завод» (ЗАО «Агротехмаш», генеральная сбытовая компания ЗАО «Петербургский тракторный завод – дочернее предприятие ОАО «Кировский завод»). ЗАО «Агротехмаш»

планирует создание сети дилерских и сервисных центров по реализации и обслуживанию своей продукции – промышленных и сельскохозяйственных тракторов. ИАСУ ИЛП объединяет несколько ИАСУ ТЭ фирменных сервисных центров, обеспечивает централизованный сбор и обработку информации об эксплуатации поставляемой техники, определяет потребность в запчастях и материалах.

Разработчики ИАСУ считают, что целесообразно снабжать поставляемую технику готовой ИАСУ ТЭ. Это позволит создать качественную СТЭ и в самостоятельных региональных центрах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bardyshev O, Repin S. Study on the aspects of organizing the repair of construction machinery in the Arctic / O. Bardyshev, S. Repin, A. Zazykin, S. Evtyukov, J. Rajczyk, I. Ruchkina. //Transport Research Procedia. 2021
2. Belyaev A., Pushkarev A., Kuzmichev V. (2018) Vehicle reliability and safety through simulation of the sequence of restoration of motor vehicle components. Transport Research Procedia/ 36. 50-55. 10.1016/j.trpro.2018.12.042
3. Акимов В.А., Лапин В.Л., Попов В.М. и др. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебное пособие. - М.: Деловой экспресс - 2002. - 367 с.(скачано 03.01.26)
4. Алексеенко А.П. Совершенствование технологии диагностирования гидропривода одноковшовых строительных экскаваторов по объемному коэффициенту полезного действия. - Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / СПбГАСУ. – СПб., 2001. – 218 с.
5. Алексеенко Петр Демьянович. Исследование процесса изнашивания уплотнителей гидроцилиндров экскаваторов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.00.00. — Ленинград, 1971. — 149 с.
6. Анализ надежности технических систем по цензурированным выборкам/ В. М. Скрипник, А. Е. Назин, Ю.Г. Приходько, Ю.Н. Благовещенский. — М.: Радио и связь. -1988.- 184 с.
7. Аниканов С.Г. Оптимизация параметров установки для очистки рабочих жидкостей в условиях эксплуатации строительных машин: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / Ленингр. инж-строит. ин-т. – Л., 1980. – 235 с.
8. Баран, А.П. Диагностирование аксиально-поршневых гидромашин одноковшовых строительных экскаваторов по параметрам внутренней негерметичности: диссертация ... кандидата технических наук: 05.05.04. — Ленинград, 1983. — 186 с.
9. Бардышев О.А. Особенности организации технического обслуживания и ремонта машин в районах с холодным климатом. Известия ВУЗ «Строительство и архитектура», Новосибирск, 1984, №9
10. Бардышев О.А. Эксплуатация строительных машин зимой. М.: Транспорт, 1976. – 100 с.
11. Бардышев О.А., Гаркави Н.Г., Ратнер А.М. Организация обслуживания техники на транспортных стройках Севера. М. Транспорт.1982.-272 с.
12. Бардышев О.А., Гаркави Н.Г., Тесленко Н.Г. Техническая эксплуатация строительных машин на Севере. Л. Стройиздат. 1981. -184 с.
13. Бардышев О.А., Ратнер А.М., Тайц В.Г. Организация ремонта техники на транспортном строительстве. М. Транспорт. 1988. -239 с.
14. Бардышев О.А., Репин С.В. Евтюков С.А., Филин А.Н., Образцов Н.А. О некоторых проблемах организации ремонта транспортно-технологических машин // Грузовик, 2022, №5, с. 28-34
15. Бардышев О.А., Розанов И.С., Черевко В.И., Беркут И.А. Обслуживание и

ремонт землеройной техники. (В помощь строителям БАМа). М.Транспорт. 1981. -110 с.
16. Бардышев О.А., Яковлев В.В., Филин А.Н. Обеспечение эксплуатации техники в условиях Севера. //Вестник МАНЭБ, т.26. №1, 2021, с. 16-23
17. Барышев В.И., Тимиркеев Р.Г., Мосин А.И. Стандартизация методов нормирования чистоты рабочих жидкостей // Гидромеханика, гидромашины, гидропривод и гидропневмоавтоматика: Сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. ЮурГУ. – 1999. – с. 59-60.
18. Белобородов В. П., Веревкин Н. И., Френклах С. Е. О системе контроля качества оценки технического состояния транспортных средств при государственном техническом осмотре // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Сборник докладов 5-й международной конференции. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2002. – С. 344 – 349.
19. Бирючев Б.Н. Организация выполнения неплановых ремонтов строительных машин передвижными ремонтными мастерскими: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / Ленингр. Инж-строит.ин-т. – Л. – 1986 – 178 с.
20. Бобобеков О.К. Методика формирования парка машин крупного города для содержания дорог и обеспечения его работоспособности (на примере города Душанбе). Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 – СПб.: ГАСУ – 2018. – 159 с.
21. Боброва Татьяна Викторовна, Слепцов Игорь Викторович Комплексный критерий эффективности парка машин для содержания сети дорог // Вестник СибАДИ. 2012. №2 (24)
22. Будагов Ф.К. Исследование процесса очистки рабочих жидкостей гидросистем экскаваторов с использованием эффекта кавитации. // Автореф. дис. канд. техн. наук. Д.: ЛИСИ. 1971. - 16 с.
23. Волюжский С.Б. Организация и технология обеспечения чистоты гидросистем строительных машин при их ремонте: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / Ленингр. Инж-строит. ин-т. – Л.: ЛИСИ. – 1984. – 226 с.
24. ВСН 013-88. Строительство магистральных и промысловых трубопроводов в условиях вечной мерзлоты. – Москва: Миннефтегазстрой, 1990. – 34 с.
25. Гаврилов К.Л., Забара К.А. Дорожно-строительные машины. Устройство, ремонт, техническое обслуживание. Учебное пособие. 2020. -512 с
26. Гаркави Н.Г. Комплектование парка машин в условиях неполной определенности. Монография. – Л. – 1968. – 108 с.
27. Гаркави Н.Г., Алексеев В.Н., Аринченков В.И. Эксплуатация смазочных, гидравлических и пневматических систем строительных машин в условиях Севера / Н.Г. Гаркави, В.И. Аринченков, В.Н. Алексеев. - Ленинград: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1979. - 111 с.
28. Гаркави Н.Г., Бардышев О.А., Тесленко Н.Г. Обеспечение эксплуатационной надежности работы строительных машин зимой. Л.:

ЛДНТП, 1980.- 24 с.
29. Гаркави Н.Г., Новиков В.К., Сезонов В.И. Эксплуатация средств технического вооружения железнодорожных и дорожных войск. Учебник. – Л.: ВАТТ. – 1974. – 318 с.
30. Гельцер, А.К. Исследование процесса очистки гидросистем при изготовлении экскаваторов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.05.04. - Ленинград, 1975. – 176 с.
31. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 71 с.
32. ГОСТ 15846-2002. Продукция, отправляемая в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. — 64 с.
33. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2014. — 15 с.
34. ГОСТ Р 27.606-2013. Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность. М.: Стандартинформ, 2014. – 34 с.
35. Грушецкий С.М. и др. Обеспечение устойчивости системы производственной эксплуатации дорожных машин в условиях Арктики / Грушецкий С.М., Евтюков С.А., Репин С.В., Орлов Д.С, Виноградова Т.В. // Строительные и дорожные машины, 2022, № 6, с. 36-40.
36. Грушецкий, С.М. Научные основы обеспечения эффективности производственной эксплуатации наземных транспортно-технологических машин: диссертация ... доктора технических наук: 2.5.11. / Грушецкий Станислав Михайлович; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»; Диссовет (24.2.380.05)]. - Санкт-Петербург, 2023. - 395 с.
37. Грушецкий, С.М. Прогнозирование периодичности ТО-2 коммунальных машин для содержания автомобильных дорог: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.05.04 / С.-Петерб. гос. архитектур. - строит. ун-т. — Санкт-Петербург, 2000. — 24 с.
38. Губанов В.Г.Методика повышения работоспособности длинномерных гидроцилиндров дорожных и строительных машин: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.05.04.: СПб: СПбГАСУ – 2021. – 24 с.
39. Дехтеринский Л.В., Зорин В.А. Управление надёжностью машин методами ремонта //Строительные и дорожные машины. – 2000. – № 12. – С. 23-26.
40. Дорлигсурэнгийн, Лханаг. Разработка средств для диагностирования гидропривода одноковшовых строительных экскаваторов второй

размерной группы при эксплуатации их в условиях Монгольской Народной Республики: диссертация ... кандидата технических наук: 05.05.04 / Ленингр. инж.-строит. ин-т. — Ленинград, 1989. — 179 с.
41. Ереско, С. П. Исследование влияния нагрузочного режима одноковшовых экскаваторов на надежность гидроцилиндров рабочего оборудования и их уплотнительных устройств: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. Л.: ЛИСИ, 1981. 260 с.
42. Ереско, Сергей Павлович. Система управления надежностью уплотнений подвижных соединений гидроагрегатов строительных машин: диссертация ... доктора технических наук: 05.02.02. — Красноярск, 2003. — 425 с.
43. Ефремов Л.В. Проблемы управления надежностно–ориентированной технической эксплуатацией машин. – СПб.: Art-Xpress, 2015. – 206 с.
44. Зазыкин А.В. и др. Анализ механизма влияния внезапных отказов на эффективность транспортно-технологических машин / А.В. Зазыкин, С.В. Репин, К.А. Головин, Д.А. Лутов // Известия тульского государственного университета. Технические науки. – Тула: Издательство ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет». – 2024, № 12. – С. 658-662.

45. Зазыкин А.В. Методика обеспечения работоспособности строительных машин средствами обслуживания и ремонта. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Специальность 05.05.04 – СПб: СПбГАСУ. – 2010. – 156 с.
46. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем: Учебник для вузов. – М.: Магистр-Пресс. - 2005. – 536 с. (скачан 03.01.26)
47. Каверзин С.В. Работоспособность гидравлического привода при низких температурах / С.В. Каверзин. - Красноярск: Красноярский университет, 1986. - 144с.
48. Каракулев А.В., Кириллов Г.И. Организация технического обслуживания и ремонта машин в условиях Севера. Л. Стройиздат. 1978.-108 с.
49. Карнаухов Н.Н., Круг А.Р. Особенности эксплуатации гидравлических экскаваторов в холодных климатических условиях. // Строительные и дорожные машины, 2013, № 9. – С. 37-43.
50. Ким Б.Г. Обеспечение работоспособности и исправности парков строительной техники. Владимир. Влад. гос. ун-т. 2000. -148 с.
51. Кириллов Г.Н. Расчет систем ремонта строительных машин. Л.: ЛДНТП, 1977, - 32 с.
52. Климов Н. Н. Исследование процесса очистки рабочей жидкости гидравлического привода экскаваторов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.05.04. — Ленинград, 1974. 146 с
53. Кобзов, Дмитрий Юрьевич. Научные основы повышения надежности и обеспечения работоспособности гидроцилиндров повышенного типоразмера: диссертация ... доктора технических наук: 05.02.02 / Кобзов Дмитрий Юрьевич; [Место защиты: Томский государственный

архитектурно-строительный университет]. — Томск, 2013. — 371 с.
54. Кобзов, Дмитрий Юрьевич. Диагностирование гидроцилиндров рабочего оборудования одноковшевых строительных экскаваторов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.05.04. - Ленинград, 1987. - 345 с.
55. Кох Н.П. Надежность горных машин при низких температурах. М.: Недра. 1972. - 193 с.
56. Коценко Н.В. Оптимизация организационных форм технических обслуживаний и непланового ремонта строительных машин. Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 – Л.: ЛИСИ – 1981. – 271 с.
57. Коценко Н.В. Повышение эффективности использования строительных машин в условиях хозрасчета. Л.: ЛДНТП, 1989,- 24 с.
58. Методика применения информационной автоматизированной системы управления технической эксплуатацией строительных машин и автотранспорта /СПбГАСУ; Сост.: С.В. Репин, К.В.Рулис, А.В.Зазыкин, Н.К. Ховалыг. – СПб, 2008. − 41 с.
59. Методология обеспечения работоспособности транспортно-технологических машин и комплексов средствами технической эксплуатации / Репин С.В., Рулис К.В., Зазыкин А.В., Крупин С.А. - Монография. - СПб.: СПбГАСУ. - 2012. - 218 с.
60. Методология совершенствования системы технической эксплуатации строительных машин: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.05.04 / Репин Сергей Васильевич; [Место защиты: С.-Петерб. гос. архитектур. -строит. ун-т]. — Санкт-Петербург, 2008. — 50 с.
61. Микипорис Ю.А. Исследование процесса очистки рабочей жидкости при изготовлении гидравлических экскаваторов. Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. – Л.: ЛИСИ. – 1973. – 214 с.
62. Монгуш С.Ч., Евтюков С.А. Анализ проблем эксплуатации строительной техники в Республике Тыва. Вестник Тувинского государственного университета. Технические и физико-математические науки: Сетевой журнал. 2018. URL: http://vestnik.tuvsu.ru/vypusk-3/ (дата обращения: 01.07.2025)
63. Мухаметшина Р.М. Влияние климатических факторов на свойства материалов и надежность дорожно-строительных машин. // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование, 2014, №4 (30). – С. 490 – 496.
64. Надежность дорожно-строительных машин: формирование и реализация / Максимов С.Е., Лялинов А.Н., Бондаренко А.В.// Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3.;
URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6324
65. Надежность и эффективность эксплуатации транспортно-технологических машин / Репин С.В., Евтюков С.А., Зазыкин А.В., Рулис К.В. – СПб, Издательский дом «Петрополис». – 2017 - 404 с.
66. Обзор мирового рынка строительной техники / С. Максимов, Д.

Скороходов, В. Столбов, А. Мулгимов // Мир дорог, 2003, № 3, с. 20-21.
67. Обоснование целесообразности использования быстровозводимых ремонтных цехов на объектах линейного строительства Крайнего Севера РФ / Репин СВ., Алексеенко Е.В., Грушецкий С.М, Янгуразова А.С., Савельев А.В. // Русский инженер, 2025, № 2(87), с. 39-43.

68. Особенности эксплуатации автомобилей на Севере / Л. Г. Резник, Ю. И. Морозов, С. В. Алексанров. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. — 132 с.
69. ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ / Репин С.В., Алексеенко Е.В., Грушецкий С.М., Савельев А.В., Гордиенко В.Е. // Известия тульского государственного университета. Технические науки. – Тула: Издательство ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет». – 2025, № 9. – С. 232-241.

70. Пузь П.Н.Исследование процесса заправки (дозаправки) гидравлических систем экскаваторов Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.05.04). – Л.: ЛИСИ. – 1975. – 16 с.
71. Репин С.В и др. Методика оптимизации срока службы строительных машин на основе данных эксплуатации / Репин С.В, Зазыкин А.В., Евтюков С.С., Чечуев В.Е. //Sciences of Europe, 2018. №33. С.61-66.
72. Репин С.В. и др. Метод планирования ремонтов транспортно-технологических машин строительства с учетом уровня надежности / Репин С.В., Зазыкин А.В., Евтюков С.А., Ховалыг Н.-Д.К., Максимов С.Е., Дружинин П.В. // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2023. – № 22. – С. 25-33.
73. Репин С.В. Исследование процессов автоматизации управления эксплуатацией строительной техники и разработка их информационного обеспечения / С.В. Репин, К.В. Рулис, А.В. Зазыкин, А.А. Семенов. Отчет по НИР № 01200707384, 2007- 2008 гг.
74. Репин С.В. Исследование процессов обеспечения надежности и эффективности производственных технологических комплексов (на примере предприятий по производству строительных материалов и конструкций) и разработка методики применения информационной автоматизированной системы управления их эксплуатацией / С.В. Репин, С.А. Крупин, А.В. Зазыкин, А.В. Фадеев, И.К. Вдовина. Отчет по НИР № 01201179107, 2011- 2012 гг.
75. Репин С.В. Методология совершенствования эксплуатации строительных машин. Монография. – СПб.: СПбГАСУ. – 2005. – 172с.
76. Репин С.В. Оптимизация процессов и параметров оборудования для промывки гидробаков экскаваторов при техническом обслуживании: Дис… канд. техн. наук: 05.05.04 / С.В. Репин. – СПб. – 1986. – 260 с.

77. Репин С.В. Разработка методики формирования структурных элементов транспортной системы по экономическим и надежностным критериям (на примере парков транспортно-технологических машин) / С.В. Репин, К.В. Рулис, А.В. Зазыкин, Д.С. Орлов. Отчет по НИР РГНФ № 115042910108, 2015- 2017 гг.
78. Репин С.В., Лутов Д.А. Совершенствование методики планирования технического обслуживания и ремонтов строительных и дорожных машин. Отчет по НИР № 01201267141, 2012- 2012 гг.
79. Репин, С.В. Метод планирования ремонта транспортно-технологических машин / Репин С.В., Зазыкин А.В., Кротова Н.Н., Савельев А.В. // Строительные дорожные машины. – 2017. - № 3, С. 53-57.
80. Ровках С.Е., Кушнер В.П. Организация ремонта строительных машин агрегатно-узловым методом. М.: Стройиздат, 1972.- 191 с.
81. Рулис, К. В. Совершенствование диагностирования золотниковых пар гидравлических распределителей одноковшовых строительных экскаваторов: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук:05.05.04:05.02.03. - СПб., СПбГАСУ. - 1993. - 22 с.
82. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2010620599, 2010. Информационная база технической эксплуатации автокрана GroveGMK 4080 / Репин С. В., Рулис К. В., Сушко К. Ю.
83. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2010620600, 2010. Информационная база технической эксплуатации дизель –генератора Caterpillar 3306 / Репин С. В., Рулис К. В., Сушко К. Ю.
84. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2010620688, 2010. Информационная база технической эксплуатации гидромолота Mazal HRB-350 / Репин С. В., Рулис К. В., Сушко К. Ю.
85. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2011620856, 2011. Информационная база технической эксплуатации бетононасоса CIFACP 506-309 / Репин С. В., Рулис К. В., Сушко К. Ю.
86. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2011620855, 2011. Информационная база технической эксплуатации грейфера Bauer MC 32. / Репин С. В., Рулис К. В., Сушко К. Ю.
87. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2011620854, 2011. Информационная база технической эксплуатации дизеля Isuzu 6HK1. / Репин С. В., Рулис К. В., Сушко К. Ю.
88. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013620089, 2013. Информационная база технической эксплуатации грейфера Bauer BG 28 / Репин С. В., Рулис К. В., Сушко К. Ю.
89. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013620090, 2013. Информационная база технической эксплуатации бетононасоса INGERSOLLRANDXHR 760 / Репин С. В., Рулис К. В., Сушко К. Ю.

90. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г. Утверждено Президентом Российской Федерации В.В.Путиным 08.02.2013. Пр. №232.
91. Сумин П.И. Оптимизация параметров устройств для очистки рабочей жидкости строительных машин: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: (05.05.04)», Л.ЛИСИ , 1980, 24 с.
92. Тигунцев А.М. Диагностирование насосов гидропривода одноковшовых строительных экскаваторов встроенными средствами: диссертация ... кандидата технических наук: 05.05.04 / Ленинград. инж.-строит. ин-т. — Ленинград, 1990. — 186 с.
93. Торопов А.Г. Выбор оптимальной системы очистки рабочей жидкости гидросистем экскаваторов: Автореф. дис. канд. техн. наук. / Ленингр. инж. –строит. ин. –т. – Л. – 1981. – 24 с.
94. Федотов Ю.Н. Исследование работоспособности пылезащитных уплотнителей (грязесъемников) гидроцилиндров экскаваторов. Дис. канд. техн. наук. Т.I / Ленингр. инж. –строит. ин.–т. – Л.: ЛИСИ. –1979. –146 с.
95. Характерные разрушения деталей машин и металлоконструкций. (Рекомендации по ремонту и предотвращению разрушений). Под ред. А.М. Ишкова. Якутск. ЯФ СО АН СССР. 1988. -40 с
96. Ховалыг Настык-Доржу Кызыл-оолович. Методика оптимизации состава парка строительных машин в условиях региона / Диссертация канд. техн. наук. по спец.05.05.04. - СПб: СПбГАСУ. - 2012. -176 с.
97. Чечуев В.Е. Методика оптимизации парка машин крупной дорожно-строительной организации. Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 – СПб.: ГАСУ – 2022. – 159 с.
98. Чооду О.А. Разработка методики оценки влияния климатических условий на эксплуатацию дорожно-строительных машин : на примере территории Республики Тыва : диссертация ... кандидата технических наук : 05.05.04 / Чооду Остап Андреевич; [Место защиты: С.-Петерб. гос. архитектур.-строит. ун-т].- Санкт-Петербург, 2009.- 128 с.
99. Шарифов, Ариф Рза-оглы. Исследование параметров центробежных очистителей рабочей жидкости гидравлических систем строительных машин: диссертация ... кандидата технических наук: 05.00.00 / А.Р.Шарифов. - Ленинград, 1971. - 168 с.
100 Эксплуатация землеройных машин в зимнее время./ Лозовой Д.А., Запускалов В.А., Покровский А.А. и др. Л.: Стройиздат, 1978. -190 с.



Бардышев Олег Андреевич – доктор военных наук (1990), профессор (1991), академик МАНЭБ (2007).

Родился в 1934 г. в г. Ленинграде. Окончил Военную академию тыла и транспорта (ВАТТ) в 1957 г. по специальности «военный инженер-механик по эксплуатации и ремонту строительных машин». Служил в железнодорожных войсках на инженерных должностях. С 1971 по 1991 г. – на преподавательской работе в ВАТТ и ЛВУ ЖДВ и ВОСО. Занимался вопросами организации эксплуатации и ремонта строительной техники на Севере, автор ряда книг по этой тематике. В период с 1975 по 1991 г. был для этого 20 раз командирован на строительство БАМа.

С 1991 г. по 2017 г. – генеральный директор Санкт-Петербургской Технической компании, специализировавшейся в области промышленной безопасности. Одновременно с 1994 г. – профессор Петербургского государственного университета путей сообщения, с 2007 г. – профессор СПбГАСУ и член докторского совета. В этот период – эксперт Госстандарта по строительно-дорожным машинам и оборудованию, эксперт Ростехнадзора по промышленному оборудованию.

Автор около 300 научных работ, включая 5 учебников.



Репин Сергей Васильевич - доктор технических наук, профессор, почетный работник высшей школы РФ, действительный член Российской академии транспорта, член-корреспондент российской академии естествознания.

Опубликовал более 500 научных трудов, в том числе более 200 патентов и свидетельств интеллектуальной собственности, более 20 учебников и монографий. Основатель научной школы по направлению надежность и эффективность транспортно-технологических машин при СПбГАСУ.

Руководил более 20 НИР по разработке и внедрению в производство научных разработок СПбГАСУ.

Разработал авторские учебные курсы по дисциплинам «Машины для землеройных работ», «Надежность технических систем», «Основы изобретательского творчества».



Евтюков Сергей Аркадьевич – доктор технических наук, профессор.

Действительный член Российской академии транспорта, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, Лауреат премии Правительства Российской Федерации, Лауреат премии Правительства Санкт-Петербурга.

Автор более 600 научных трудов, в том числе более 30 монографий, более 50 учебников и учебных пособий. Имеет около 60 патентов и авторских свидетельств



Алексеенко Евгений Владимирович – аспирант кафедры наземных транспортно-технологических машин Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ).

В 2022 году окончил СПбГАСУ по специальности «Наземные транспортно-технологические средства»

Область научных интересов – надежность и техническое обслуживание и ремонт строительной техники в условиях Крайнего Севера. Участник более 10 всероссийских научных конференций. Автор 11 опубликованных работ, в т.ч. 3 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.