МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Т. А. Непарко

ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования
по специальности «Техническое обеспечение
производства сельскохозяйственной продукции»*

В двух частях

Часть 1

Минск
БГАТУ
2026

УДК 631.3(07)
ББК 40.72я7
Н53

Рецензенты:
кафедра сельскохозяйственных машин
УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»
(кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой *О. В. Гордеенко*);
кандидат технических наук, доцент,
генеральный директор РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства» *Д. И. Комлач*

Непарко, Т. А.

Н53 Эксплуатация машинно-тракторного парка : учебное пособие : в 2 ч. / Т. А. Непарко. – Минск : БГАТУ, 2026. – Ч. 1. – 304 с.
ISBN 978-985-25-0331-0.

Включает разделы «Диагностирование и техническое обслуживание машин» и «Теоретические основы производственной эксплуатации машинно-тракторных агрегатов» учебной дисциплины. Рассмотрены вопросы основ прогрессивных технологий диагностирования и технического обслуживания технических средств, теоретических основ комплектования машинно-тракторных агрегатов и механизации производственных процессов в растениеводстве, организации высокоэффективного использования технических средств с учетом различных аспектов деятельности.

Для бакалавров и магистрантов учреждений высшего образования, инженеров и научных работников.

УДК 631.3(07)
ББК 40.72я7

ISBN 978-985-25-0331-0 (ч. 1)
ISBN 978-985-25-0330-3

© БГАТУ, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 7

1. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МАШИН 10
1.1. Техническое состояние машин и его изменение в процессе эксплуатации 13
1.1.1. Причины изменения показателей работы машин в процессе эксплуатации 16
1.1.2. Эксплуатационная технологичность, приспособленность машин к техническому обслуживанию, диагностированию и хранению 18
1.1.3. Основы обеспечения работоспособности машин 19
1.1.4. Оценка уровня технического сервиса машин 20
1.2. Управление техническим состоянием машин 23
1.2.1. Система технического обслуживания и ремонта машин 27
1.2.2. Управление надежностью и техническим состоянием машин по результатам диагностирования 32
1.3. Прогнозирование технического состояния машин 37
1.3.1. Прогнозирование по среднему статистическому изменению параметра и по реализации изменения параметра 39
1.3.2. Прогнозирование остаточного ресурса агрегатов машин при известной наработке от начала эксплуатации 40
1.3.3. Прогнозирование остаточного ресурса агрегатов машин при неизвестной наработке от начала эксплуатации 44
1.3.4. Прогнозирование остаточного ресурса агрегатов с учетом случайного характера изменения параметра 45
1.4. Роль и место диагностирования машин при эксплуатации. Технология диагностирования машин 47
1.4.1. Повышение надежности и задачи диагностирования машин при их изготовлении, использовании, техническом обслуживании и ремонте 51
1.4.2. Концепция диагностирования техники в современных условиях 52

1.4.3. Классификация методов диагностирования машин 55
1.4.4. Технология диагностирования тракторов и сложных сельскохозяйственных машин 58
1.5. Содержание и технология технического обслуживания тракторов, сельскохозяйственных машин и автомобилей 67
1.5.1. Теоретические основы и технология эксплуатационной обкатки 72
1.5.2. Техническое обслуживание тракторов в особых условиях эксплуатации 77
1.5.3. Технология технического обслуживания тракторов и сельскохозяйственных машин 78
1.6. Материально-техническая база диагностирования и технического обслуживания машин 81
1.6.1. Анализ методов и средств диагностирования 83
1.6.2. Внешние, механические и электронные диагностические средства 92
1.6.3. Встроенные средства диагностирования 93
1.6.4. Средства диагностирования двигателей внутреннего сгорания, электрооборудования, гидропривода, трансмиссии, рабочих органов машин 105
1.7. Планирование и организация технического обслуживания машин 116
1.7.1. Индивидуальный метод планирования 116
1.7.2. Усредненный метод планирования 119
1.7.3. Расчет трудоемкости технического обслуживания машинно-тракторного парка 127
1.7.4. Формы и методы организации технического обслуживания машин 134
1.7.5. Порядок ввода машин в эксплуатацию и их списание 139
1.8. Обеспечение машинно-тракторного парка топливно-смазочными материалами и заправка машин 142
1.8.1. Транспортировка, прием и хранение топливно-смазочных материалов 145
1.8.2. Организация заправки машин и учета нефтепродуктов 147
1.8.3. Потери нефтепродуктов при их выдаче и хранении. Пути сокращения потерь и экономного расходования топливно-смазочных материалов 149

1.8.4. Техническое обслуживание оборудования нефтехозяйств 151
1.9. Организация хранения сельскохозяйственной техники 153
1.9.1. Виды и способы хранения машин 154
1.9.2. Материально-техническая база для хранения техники. Организация технического обслуживания при постановке машин на хранение, хранении и снятии с хранения 155
1.9.3. Контрольно-диагностические операции при хранении машин 158
1.9.4. Организация и технология работ на машинном дворе 165
1.9.5. Ведение технической документации и контроль качества хранения сельскохозяйственной техники 166
1.9.6. Расчет трудоемкости и состава специализированного звена по хранению техники 172
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ 180
2.1. Общая характеристика сельскохозяйственных агрегатов 182
2.1.1. Факторы, влияющие на изменение качественных показателей работы машинно-тракторных агрегатов 183
2.1.2. Классификация сельскохозяйственных агрегатов 185
2.2. Эксплуатационные свойства машинно-тракторных агрегатов 192
2.2.1. Эксплуатационные свойства и режимы работы двигателей тракторов и самоходных машин 193
2.2.2. Общая динамика машинно-тракторных агрегатов 199
2.2.3. Эксплуатационно-технологические свойства сельскохозяйственных машин 212
2.2.4. Определение рабочего сопротивления агрегата 212
2.3. Основы рационального комплектования машинно-тракторных агрегатов 220
2.3.1. Способы определения состава агрегата 224
2.3.2. Составление агрегата в производственных условиях 238
2.3.3. Технологическая наладка агрегатов 249
2.4. Способы движения агрегатов 253
2.4.1. Основные элементы кинематики агрегатов 254
2.4.2. Классификация поворотов агрегата 258
2.4.3. Способы движения агрегатов 261

2.5. Производительность агрегатов и пути ее повышения 264
2.5.1. Расчет производительности агрегата..... 265
2.5.2. Баланс времени смены 268
2.5.3. Пути повышения производительности агрегатов..... 271
2.5.4. Суммарный учет механизированных тракторных работ..... 273
2.6. Эксплуатационные затраты при работе агрегатов 275
2.6.1. Затраты труда..... 275
2.6.2. Расход топлива и смазочных материалов..... 276
2.6.3. Затраты энергии..... 279
2.6.4. Затраты денежных средств 281
2.7. Транспорт в сельскохозяйственном производстве..... 284
2.7.1. Классификация перевозок, грузов и дорог..... 284
2.7.2. Показатели технического состояния и использования транспортных средств 289
2.7.3. Объем транспортных работ и план перевозок грузов..... 295
2.7.4. Особенности использования транспорта в зимних условиях 298
2.7.5. Механизация погрузочно-разгрузочных работ..... 299
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... 301

ВВЕДЕНИЕ

Агропромышленный комплекс (АПК) – это совокупность отраслей народного хозяйства, занятых производством продовольствия и промышленной продукции из сельскохозяйственного сырья, их хранением и реализацией потребителю, а также производством средств производства для сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности и их производственно-техническим обслуживанием.

Цель АПК – обеспечение продовольственной независимости страны, максимальное удовлетворение потребностей ее населения в продовольствии и промышленных товарах из собственного сельскохозяйственного сырья при минимальных затратах труда и средств на единицу готовой продукции, создание стабильного экспортного потенциала аграрной отрасли.

В настоящее время перед АПК Республики Беларусь стоят задачи повышения эффективности производства и сбыта сельскохозяйственной продукции и продуктов питания, роста их конкурентоспособности и обеспечения внутреннего рынка отечественной сельскохозяйственной продукцией и продовольствием надлежащего качества в необходимых объемах на основе формирования рыночных механизмов хозяйствования и развития аграрного бизнеса.

В этих целях предполагается необходимость повышения производительности труда в сельском хозяйстве; увеличения объемов экспорта сельскохозяйственной продукции и продуктов питания; достижения объемов и структуры производства продукции растениеводства и животноводства, позволяющих сбалансировать спрос и предложение по важнейшим видам продукции; роста численности поголовья коров молочных и специализированных мясных пород селекционных стад, чистопородных свиноматок, овцематок в племенных хозяйствах; обеспечения производства прудовой и озерно-речной рыбы, а также ценных видов рыб; совершенствования структуры машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций; защиты от наводнений и паводков населенных пунктов и сельскохозяйственных земель в наиболее паводкоопасных районах Полесского региона; повышения продуктивности мелиорированных сельскохозяйственных земель, создания и поддержания оптимального для сельскохозяйственных растений водного режима почв за счет реализации мелиоративных мероприятий; улучшения

финансового состояния организаций, осуществляющих производство продукции сельского хозяйства; обеспечения увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции в крестьянских (фермерских) хозяйствах; развития и повышения эффективности производства продуктов питания, напитков и табачных изделий; создания условий для устойчивого и динамичного развития АПК Республики Беларусь.

Учебная дисциплина «Эксплуатация машинно-тракторного парка» является одной из базовых составляющих для формирования у выпускника учреждения высшего образования компетентности в решении профессиональных задач. Современный инженер агропромышленного комплекса должен быть способен применять современные технологии технической эксплуатации (диагностирования и технического обслуживания) для обеспечения постоянной работоспособности машин, механизмов и технологического оборудования, использовать современные технологии при производстве продукции растениеводства, самостоятельно решать задачи производственной эксплуатации машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия. Это подчеркивает актуальность изучения дисциплины «Эксплуатация машинно-тракторного парка» и важную роль в профессиональной подготовке специалиста агроинженерного профиля.

Цель учебной дисциплины – формирование системы знаний, умений и профессиональных компетенций в области диагностирования и технического обслуживания технических средств, возделывания основных сельскохозяйственных культур с использованием прогрессивных технологий; проектирования механизированных процессов в растениеводстве; комплектования и высокоэффективного использования машинно-тракторных агрегатов, технологических комплексов и машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий с учетом социальных, экологических и экономических последствий.

Задачи учебной дисциплины – изучение прогрессивных технологий диагностирования и технического обслуживания технических средств, возделывания основных сельскохозяйственных культур, теоретических основ комплектования машинно-тракторных агрегатов и механизации производственных процессов в растениеводстве, организации высокоэффективного использования технических средств, приобретение навыков выявления приоритетов решения задач с учетом различных аспектов деятельности.

Учебное пособие «Эксплуатация машинно-тракторного парка» подготовлено в соответствии с образовательным стандартом и является результатом глубокого анализа современного сельскохозяйственного производства.

Учебное пособие представлено в двух частях и состоит из четырех разделов. Часть первая включает разделы «Диагностирование и техническое обслуживание машин» и «Теоретические основы производственной эксплуатации машинно-тракторных агрегатов», часть вторая – разделы «Планирование и анализ использования машинно-тракторного парка» и «Техническое обеспечение процессов в растениеводстве».

В разделе «Диагностирование и техническое обслуживание машин» дано понятие технического состояния машин и его изменения в процессе эксплуатации, приведена информация об управлении техническим состоянием машин и его прогнозировании, изложен материал о роли и месте диагностирования машин при эксплуатации, о технологии диагностирования машин, содержании и технологии технического обслуживания тракторов, сельскохозяйственных машин и автомобилей, материально-технической базе диагностирования и технического обслуживания машин, планировании и организации технического обслуживания машин, обеспечении машинно-тракторного парка топливно-смазочными материалами, заправке машин и организации хранения сельскохозяйственной техники.

В разделе «Теоретические основы производственной эксплуатации машинно-тракторных агрегатов» представлены общие сведения о технологии и организации механизированных работ, общая характеристика сельскохозяйственных агрегатов, эксплуатационно-технологические свойства сельскохозяйственных машин, эксплуатационные свойства и режимы работы двигателей тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин, общая динамика машинно-тракторных агрегатов, основы рационального комплектования машинно-тракторных агрегатов, способы движения и производительность агрегатов, эксплуатационные затраты при работе агрегатов, изложен материал о транспорте в сельскохозяйственном производстве.

Представленный в учебном пособии материал накоплен коллективом кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и агротехнологий УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» и апробирован в образовательном процессе.

1. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МАШИН

Современное сельскохозяйственное производство становится эффективным, когда базируется на интенсивных технологиях и новейших высоконадежных технических средствах. В то же время оно остается наиболее ресурсоемкой отраслью народного хозяйства, нуждающейся в огромных количествах топлива, удобрений, металла, финансовых, трудовых и других ресурсов. В этом перечне особое место занимает моторесурс (далее – ресурс) используемой в сельскохозяйственном производстве техники. Этот вид ресурса в практике механизированных работ не контролируют и не анализируют, но осознают необходимость его восполнения через поставку новой техники или ее ремонт. В обоих случаях на восполнение постоянной убыли ресурса парка сельскохозяйственной техники расходуют огромные денежные средства.

В большинстве случаев заводы-изготовители и ремонтные предприятия не декларируют величину ресурса своей продукции. Но даже если ее заявляют, это не значит, что данное изделие способно реализовать его вне зависимости от условий эксплуатации. В специальной технической и нормативной документации применяют термин «гамма-процентный ресурс», подчеркивая случайный характер этой величины. Однако каждому, кто связан с использованием техники, ясно, что ее потенциальные возможности реализуются полностью только при правильно организованной эксплуатации. Принцип, заложенный в афоризме «машина любит ласку, чистоту и смазку», действует в полной мере. Машины, находящиеся в нормальных условиях эксплуатации, по данным наблюдений имеют число отказов в два раза меньше, чем машины, в отношении которых работы по обслуживанию проводят в ограниченном объеме. В целом и ресурс машин недоиспользуется более чем на 20 %. Это подчеркивает особую значимость диагностики и технического обслуживания, которые являются одними из важнейших и наиболее доступных по цене источников увеличения ресурса сельскохозяйственной техники.

В прошлые годы была проделана огромная работа по организации специализированного технического обслуживания тракторов, автомобилей, дизельной топливной аппаратуры, оборудования нефтехозяйств, доильных и молокоохладительных установок, то есть наиболее сложных технических систем, требующих для проведения профилак-

тических работ специальных знаний, оборудования и инструмента. Готовились мастера-наладчики, строились пункты и станции технического обслуживания как на сельскохозяйственных предприятиях, так и в районах. Издержки на создание такой службы окупались экономией на ремонте. Рубль, вложенный в техническое обслуживание, гарантировал экономию трех и более рублей на ремонте.

Технический сервис сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь регламентирует принятая еще в СССР планово-предупредительная система технического обслуживания. Действие этой системы официально не отменено. Формально она существует, ее изучают, но применение на практике сведено к минимуму. Следует также признать, что сами документы уже устарели и имеют следующие недостатки:

– организационно-техническая документация, регламентирующая затраты труда, расход запасных частей, материалов, топливно-энергетических ресурсов и денежных средств на техническое обслуживание, не корректировалась с конца восьмидесятых годов и не учитывает произошедшие за это время изменения кадрового состава, структуры машинно-тракторного парка республики и организации его технической эксплуатации;

– появились новые, более сложные тракторы и сельскохозяйственные машины с отличным от прежних моделей регламентом технического обслуживания, оснащенные элементами электрогидроавтоматики и электроники, требующими участия в их обслуживании специализированных предприятий;

– обслуживание громоздко и имеет большую трудоемкость, вследствие чего необходим переход к ситуационному принципу выполнения работ на основе технического диагностирования;

– отсутствует единая утвержденная методика планирования технического обслуживания, что требует специального интегрального учета наработки с целью управления постановкой машин на обслуживание, который весьма трудоемок и сложен;

– не учтено появление на рынке республики новых сортов моторных масел и топлива;

– практически отсутствует производство технических средств для технического обслуживания и диагностирования;

– в Беларусь импортировано большое количество сложной сельскохозяйственной техники различных иностранных фирм, стоимость услуг которых по техническому обслуживанию достаточно высока.

В настоящее время назрела необходимость изменения сложившейся ситуации в техническом сервисе сельскохозяйственной техники и разработки научно обоснованной системы технического обслуживания, включающей рекомендации по организации технического обслуживания, нормативов его периодичности, перечня выполняемых операций и трудоемкости каждого вида обслуживания. Необходимы новые методы планирования технического обслуживания машинно-тракторного парка, рекомендации по комплектованию и оснащению оборудованием постов и пунктов технического обслуживания сельскохозяйственных предприятий, меры по материальному стимулированию персонала обслуживающего технику.

При должной организации технического сервиса сельскохозяйственной техники можно повысить производительность машинно-тракторных агрегатов на 15 %–20 %, сэкономить не менее 10 тыс. т топлива и сократить затраты на запасные части и ремонтные материалы более чем вдвое, а также увеличить сроки эксплуатации по большинству позиций на 3–5 лет.

Технический сервис включает: обкатку, техническое обслуживание (ТО), заправку, хранение, технический осмотр, диагностирование машин и предупреждение или устранение неисправностей, т. е. неплановый ремонт машин.

Под *обкаткой* понимают период работы машины после ее изготовления или ремонта при постепенно увеличивающейся нагрузке в целях соответствующей приработки трущихся деталей, обеспечивающей их длительный срок службы.

Техническое обслуживание – комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности машины при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании (операции очистки, контроля или диагностирования, подтяжки креплений, регулирования, смазывания, замены некоторых составных частей машин, например фильтрующих элементов).

Заправка машин включает операции заполнения их баков, картеров и других емкостей топливом, смазочными материалами и рабочими жидкостями (например, охлаждающей, электролитом, растворами пестицидов).

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

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

Диагностирование машин – процесс определения их технического состояния с определенной точностью безразборным способом.

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

Таким образом, цель технического сервиса заключается в обеспечении машинам работоспособного или технически исправного состояния.

1.1. Техническое состояние машин и его изменение в процессе эксплуатации

Условия эксплуатации машин в сельском хозяйстве, их характерные особенности. На эксплуатацию сельскохозяйственных машин оказывает влияние ряд факторов:

– внешних: климатические условия; физико-химические свойства почвы и растений; уровень технического обслуживания и ремонта машин;

– внутренних: конструктивно-технологические особенности деталей, составных частей и сборочных единиц машин.

Внешние *климатические условия* характеризуются температурой, влажностью, запыленностью воздуха, атмосферными осадками, интенсивностью солнечной радиации, уровнем радиации данной местности.

На эксплуатацию машин оказывают влияние *физико-химические свойства почвы и растений*. При повышении сопротивления почвы обработке, резанию и транспортировке растений повышаются механические нагрузки на агрегаты машин, что приводит к возрастанию количества поломок деталей, повышению удельного расхода топлива и преждевременному выходу машин из строя.

Физико-химические свойства почвы характеризуются ее составом, удельным сопротивлением, содержанием в почве абразивных частиц, минеральных и органических веществ, влажностью, каменистостью и др.

Растения, воздействующие на рабочие органы машины, отличаются массой, сопротивлением резанию, транспортированию и обработке, концентрацией абразивных частиц на поверхности растений, способностью прилипать к рабочим органам и забивать их.

При минусовой температуре возрастают механические сопротивления, трение и износ трущихся пар составных частей машин. При повышенной температуре воздуха (40 °С и более) может наблюдаться перегрев охлаждающих жидкостей, уменьшение вязкости смазочных материалов, а следовательно, и толщина смазочной пленки на трущихся поверхностях деталей, что может привести к их задирам.

Повышенная влажность воздуха, наличие агрессивных паров от удобрений и пестицидов резко ускоряют коррозионные процессы и могут привести к выходу деталей из строя.

Значительная запыленность поступающего в цилиндры двигателя воздуха, его засоренность абразивными кварцевыми частицами, а также попадание этих частиц в топливо и смазочные материалы могут увеличить скорость изнашивания деталей в 10 и более раз.

Солнечная радиация оказывает разрушающее действие на резиновые, пластмассовые изделия, а также на краску, предохраняющую детали от коррозии.

К внешним эксплуатационным факторам, влияющим на техническое состояние машин, относят также *уровень технического обслуживания и ремонта*. Несвоевременное и некачественное техническое обслуживание интенсифицирует процесс изнашивания деталей, ухудшает свойства рабочих жидкостей, сокращает ресурс составных частей вдвое, втрое и более. Такой же результат наблюдают после некачественного ремонта машин.

К внутренним *конструктивно-технологическим факторам*, влияющим на условия эксплуатации машины, относят уровень ее проектирования, качество изготовления, от чего в решающей степени зависят показатели надежности и эффективности ее работы. Одноименные детали и соединения машин, как правило, имеют в определенных пределах различную твердость поверхностей, их шероховатость, первоначальные зазоры и натяги. Кроме того, качество сборки, регулировки и обкатки машин на заводе также неодинаково.

Квалификация механизаторов, уровень подготовки инженерно-технических работников сельскохозяйственных предприятий и сферы обслуживания, материально-техническая база для ТО и ремонта также влияют на уровень эксплуатации машин.

Характерной особенностью условий эксплуатации сельскохозяйственных машин является их случайный характер. Они всегда могут изменяться в определенных пределах.

Влияние условий эксплуатации на техническое состояние машин. Параметры технического состояния машин. Условия эксплуатации со временем оказывают влияние на техническое состояние машин.

Механическое изнашивание трущихся деталей бывает *абразивным* (изнашивание при хрупком поверхностном разрушении), *адгезионным* (молекулярное сцепление материалов трущихся деталей), *коррозионно-механическим*.

В результате механического изнашивания постепенно уменьшаются размеры трущихся деталей, увеличиваются зазоры в соединениях (например, зазор в соединениях «цилиндр–поршень», радиальный зазор в подшипниках скольжения и качения).

Наблюдаются пластические деформации и разрушения деталей, что связано с превышением предела текучести или прочности материалов, или усталостные разрушения от циклического воздействия нагрузок, превышающих предел выносливости.

Вследствие агрессивного воздействия среды происходит коррозионное изнашивание деталей кабины, рамы, деталей крепления и т. п. Кроме того, проявляются физико-химические и температурные изменения материалов и деталей, т. е. их старение.

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

Параметры, характеризующие работоспособность или исправность объекта диагностирования непосредственно, называются *структурными*. К ним относятся: размеры деталей, зазоры, натяги в сопряжениях, геометрическая форма, чистота сопрягаемых поверхностей и др.

Параметры, характеризующие работоспособность или исправность объекта диагностирования косвенно, называются *диагностическими*. К ним относятся: мощность, давление, температура, шум, вибрация, количество газов, прорывающихся в картер, угар картерного масла, герметичность, параметры движения деталей и т. п.

В тех случаях, когда структурный параметр определяют в процессе диагностирования прямым измерением, он одновременно будет и диагностическим.

Качественные признаки технического состояния, появляющиеся в результате изнашивания, деформации, разрушения или старения детали, обычно проявляются в виде наличия течи масла, топлива,

охлаждающей жидкости, определенного цвета отработанных газов, в появлении характерного шума, скрежета, специфического запаха и т. п. Эти признаки не измеряют, а только оценивают органолептически.

1.1.1. Причины изменения показателей работы машин в процессе эксплуатации

По мере наработки исходные характеристики машин изменяются, как правило, в сторону ухудшения. Это зависит от многочисленных факторов.

Основные факторы, снижающие экономические показатели машины в процессе эксплуатации, можно разделить на три категории: конструктивные, технологические и эксплуатационные.

Конструктивные факторы можно объединить в один обобщенный фактор, называемый совершенством конструкции машины. Один из основных показателей совершенства конструкции машины – равнопрочность деталей. Однако практически этого достичь невозможно. На современных тракторах и других сельскохозяйственных машинах имеются детали, которые быстро изнашиваются и заменяются в первый межремонтный период, в то время как другие детали работают до списания машины. В процессе эксплуатации снижается твердость и износостойкость рабочих поверхностей деталей.

Технологические факторы – это уровень совершенства технологии изготовления или ремонта машин. Например, низкому уровню совершенства технологии будет соответствовать низкое качество, и наоборот.

К *эксплуатационным факторам* относят качество технического обслуживания и хранения машин, а также условия их эксплуатации. Эти факторы обусловливают износ деталей машин. Различают механические, тепловые и коррозионные износы. Больше всего машины подвержены механическим износам, которые зависят от времени работы (рис. 1.1).

Зона I на рис. 1.1 – период обкатки (t_0). Износ нарастает интенсивно, т. к. идет приработка трущихся поверхностей деталей.

Зона II – период нормальной эксплуатации ($t_э$). Износ нарастает сравнительно равномерно и носит название *естественного.* Точка *B* является границей наибольшего допустимого срока службы машины ($t_м$).

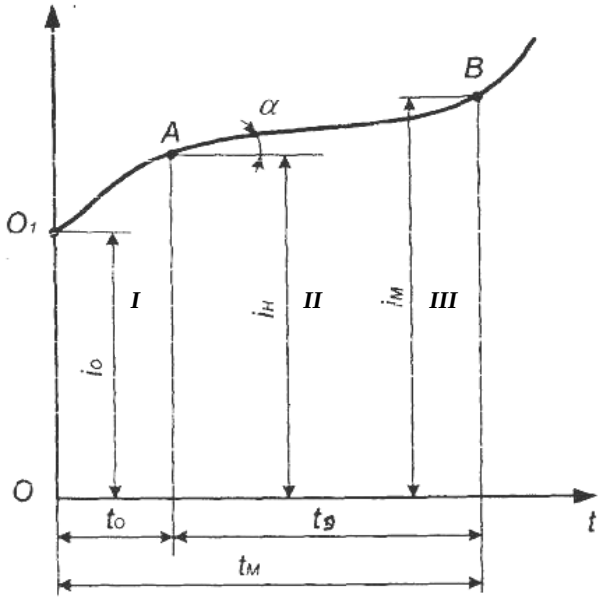


Рис. 1.1. Кривая износа:
I – период обкатки (t_0); *II* – период нормальной эксплуатации ($t_э$),
точка *B* – граница наибольшего допустимого срока службы машины ($t_м$);
III – период аварийных износов

Допустимый срок службы рассчитывают по формуле

$$t_м = t_0 + \frac{i_м - i_н}{\text{tg}\alpha}, \qquad (1.1)$$

где $i_н$ – износ (зазор) в конце обкатки;
$i_м$ – максимальный допустимый износ (зазор);
tgα – темп роста износов.

Зона III – период аварийных износов, когда быстро растут и резко увеличиваются зазоры. Машина в любой момент может выйти из строя.

Существенное влияние на изменение характеристик машины оказывает квалификация обслуживающего персонала. От уровня квалификации механизаторов зависят такие показатели машиноиспользования, как производительность машинно-тракторных агре-

гатов, расход топливно-смазочных материалов, а также затраты средств на техническое обслуживание и ремонт, величина простоев по техническим причинам и др.

Эксплуатационные факторы оказывают наибольшее влияние на изменение технического состояния составных частей машин.

1.1.2. Эксплуатационная технологичность, приспособленность машин к техническому обслуживанию, диагностированию и хранению

Под *эксплуатационной технологичностью* понимают совокупность свойств конструкции машин, определяющих их приспособленность к операциям технологического регулирования, технического обслуживания, диагностирования, транспортирования, хранения и ремонта.

К основным свойствам конструкции машины, характеризующим ее эксплуатационную технологичность, относятся: контролепригодность; доступность; стандартизация и унификация составных частей; легкосъемность; восстанавливаемость; сложность операций обслуживания и ремонта; сохраняемость.

Контролепригодность характеризуется наличием на машине встроенных средств контроля технического состояния (приборов, индикаторов состояния и т. п.), оперативной и вспомогательной трудоемкостью измерения диагностических параметров, удобством подсоединения внешних средств диагностирования, унифицированных элементов для контроля (например, штуцеров с одной и той же резьбой для измерения давления), минимальной номенклатурой проверяемых параметров, обеспечивающих полноту и достоверность контроля (диагностирования).

Доступность характеризуется удобным свободным доступом к составным частям, требующим технологического регулирования, технического обслуживания и ремонта, одновременным проведением большого числа операций.

Стандартизация и унификация составных частей определяется уровнем применения стандартных и унифицированных деталей, стыковочных узлов, что позволяет использовать типовые операции, оснастку и оборудование при обслуживании и ремонте.

Легкосъемность обеспечивает небольшую трудоемкость замены неисправных деталей.

Восстанавливаемость машин определяется применением материалов и деталей, позволяющих восстанавливать составные части до номинальных значений их параметров состояния.

Сложность операций обслуживания и ремонта определяется трудоемкостью, потребностью в исполнителях высокой квалификации, качественном оборудовании и приспособлениях.

Сохраняемость машин характеризуется возможностью их хранения на открытой площадке, под навесом, в помещении; количеством составных частей, требующих снятия при хранении, герметизации и консервации, количеством и видами необходимых консервационных материалов и способом их нанесения.

В целом чем выше эксплуатационная технологичность машин, тем меньше их простои, связанные с технологическим регулированием, техническим обслуживанием, диагностированием, ремонтом, подготовкой к транспортированию и хранению машин. Это, в свою очередь, оказывает влияние на повышение производительности машин, снижение издержек на их техническую эксплуатацию.

1.1.3. Основы обеспечения работоспособности машин

Работоспособность машин в первую очередь зависит от скорости изменения параметров их технического состояния, от стабильности и продолжительности сохранения их значений в заданных допустимых пределах.

Существует ***три способа обеспечения высокой работоспособности машин***:

1) *улучшение физико-механических свойств* материалов и конструкции трущихся деталей, что является наиболее перспективным и радикальным и реализуется на этапе проектирования, разработки и изготовления машин. Это предполагает применение износостойких материалов, точную обработку деталей, создание условий, уменьшающих изнашивание деталей (использование улучшенных уплотнений, фильтрующих элементов, высококачественных смазочных материалов и рабочих жидкостей), что позволяет кардинально снизить скорость изнашивания деталей и изменения параметров технического состояния машин, увеличить ресурс составных частей, сократить число отказов, а значит, и трудоемкость и продолжительность технического обслуживания и ремонтов;

2) *применение оптимальных допустимых значений* параметров и периодичности технического обслуживания и ремонта, качествен-

ное выполнение всех операций ТО, повышение степени восстановления параметров при ремонте, предупредительная замена деталей, которые могут отказать в предстоящий период работы. В результате этого увеличивается наработка между отказами, уменьшается средняя скорость изменения параметров состояния машины. Эти мероприятия осуществляют на этапе технического сервиса при техническом обслуживании и ремонте машин;

3) правильное *высококвалифицированное и технически грамотное использование машин* в процессе их эксплуатации, прежде всего правильное технологическое регулирование машины, заправка топливом и маслом закрытой струей (чтобы не попадала пыль), плавное изменение скорости движения машины, уменьшение случаев перегрузки, правильное маневрирование скоростным режимом, работа при оптимальном тепловом режиме и др.

Все это создает благоприятные условия для бесперебойной эксплуатации машин, повышает коэффициент технической готовности, уменьшает количество внезапных и постепенных отказов. Это достигается соответствующей подготовкой кадров (механизаторов) высокой квалификации, техническим обеспечением и грамотным использованием техники.

1.1.4. Оценка уровня технического сервиса машин

Обобщенные факторы, характеризующие уровень технического сервиса, обеспечиваются частными (определяющими) факторами и располагаются по степени значимости в следующем порядке:

1. Качество проведения технического обслуживания и ремонта машинно-тракторного парка:

– соблюдение периодичности проведения технического обслуживания;

– полнота выполнения перечня операций по видам технического обслуживания;

– квалификация исполнителей для проведения технического обслуживания и ремонта;

– наличие технической документации на техническое обслуживание и ремонты;

– качество применяемых при ремонте запасных частей и материалов.

2. Квалификация механизаторов:

– классность механизаторов;

– стаж работы;

– образование;

– организация обучения механизаторов на сельскохозяйственном предприятии;

– уровень материальной и моральной заинтересованности механизаторов в поддержании техники в технически исправном состоянии.

3. Качество горюче-смазочных материалов:

– соответствие вида топлива ГОСТ и температуре окружающей среды;

– соответствие сортамента применяемого топлива и масла рекомендуемым заводами-изготовителями.

4. Уровень применения диагностирования:

– способ диагностирования при проведении технического обслуживания;

– вид диагностирования для определения потребности в ремонте;

– технические характеристики оборудования, применяемого для диагностирования.

5. Уровень ремонтно-обслуживающей базы:

– оснащение и вместимость ремонтной мастерской;

– оборудование пункта технического обслуживания тракторов современными приборами и приспособлениями;

– наличие передвижных средств технического обслуживания;

– оснащение нефтебазы средствами механизированной заправки и контроля качества топливно-смазочных материалов;

– наличие и использование оборудования для подогрева воды и масел.

6. Качество хранения техники:

– наличие базы для хранения (гаражей и площадок);

– соблюдение правил подготовки и хранения машин и их узлов, агрегатов и деталей.

Весомость обобщенных факторов в поддержании машинно-тракторного парка в технически исправном состоянии приведена в табл. 1.1.

Для характеристики технического сервиса предприятий АПК разработана классификация, которая включает обобщенные факторы,

расположенные в порядке весомости, частные (определяющие) факторы, характеризующие обобщенные факторы, и различное состояние уровня определяющих факторов.

Каждый из определяющих факторов может находиться на любом из четырех уровней: высоком, среднем, низком и очень низком.

Таблица 1.1

Коэффициенты весомости обобщенных факторов

Наименование обобщенного фактора	Коэффициент весомости
Качество проведения технического обслуживания и ремонта	1,0
Квалификация механизаторов	0,9
Качество топливно-смазочных материалов	0,6
Уровень применения диагностирования	0,5
Уровень ремонтно-обслуживающей базы	0,4
Качество хранения техники	0,3

Для каждой качественной оценки фактора соответствующие количественные значения приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Показатели уровня технического сервиса

Качественная оценка уровня технического сервиса	Количественные значения уровня технического сервиса	
	Диапазон возможных значений	Оперативное значение
Высокий	1,00–0,90	0,95
Средний	0,89–0,64	0,76
Низкий	0,63–0,38	0,50
Очень низкий	0,37–0,20	0,28

Высокий уровень соответствует состоянию, когда выполняют условия поддержания в технически исправном состоянии машинно-тракторного парка на уровне передовых сельскохозяйственных предприятий, а также условия, обеспечивающие соблюдение требований ГОСТ, технических регламентов и заводских инструкций по эксплуатации машин. Остальные три уровня технической эксплуатации соответствуют состояниям, имеющим отклонения различной степени от высокого уровня.

Кроме качественной оценки уровня для выбора направлений по его повышению проводят количественную оценку с помощью показателей, которые для обобщенных факторов определяют по формуле

$$K_j = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} d_i}, \qquad (1.2)$$

где K_j – частный показатель уровня технического сервиса j-го обобщенного фактора;

n – количество определяющих факторов для j-го обобщенного фактора;

П – знак произведения;

d_i – значение i-го частного (определяющего) фактора в зависимости от уровня его реализации.

Чем ближе значение K_j к единице, тем выше уровень обобщенного фактора и тем выше уровень технического сервиса на оцениваемом предприятии.

Обобщенный показатель уровня технического сервиса на конкретном предприятии определяется по формуле

$$K_{\text{об}} = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^{m} K_j}, \qquad (1.3)$$

где m – количество обобщенных факторов, принятых для оценки уровня.

Примеры использования приведенной методики достаточно широко апробированы в ряде сельхозпредприятий Беларуси.

По результатам оценки уровня технического сервиса составляют план мероприятий по повышению уровня поддержания в технически исправном состоянии МТП сельскохозяйственного предприятия.

1.2. Управление техническим состоянием машин

Под *системой технического обслуживания* и ремонта машин понимают комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих исполнителей и технические средства, организацию и поря-

док проведения работ по ТО и ремонту машин с целью обеспечения необходимых показателей качества, предусмотренных соответствующей нормативно-технической документацией.

Исполнители – трактористы, операторы, водители, мастера-наладчики, мастера-диагносты, слесари и работники инженерно-технической службы в целом.

Технические средства для ТО и ремонта – материально-техническая база сельскохозяйственного предприятия (ремонтные мастерские, пункты ТО, гаражи, машинные дворы и др.), оборудование, запчасти и материалы.

Документация – технические регламенты, ГОСТы, инструкции заводов-изготовителей, инструкционные и технологические карты и другие нормативно-справочные материалы.

Техническое диагностирование – определение технического состояния объекта.

Вид ТО – комплекс определенных операций для машины данной марки в конкретных условиях эксплуатации, которые выполняют с заданной периодичностью.

Периодичность ТО (ремонта) характеризуется интервалом времени или наработки между данным видом ТО (ремонта) и последующим таким же видом или другим, большей сложности.

Цикл ТО (ремонта) – наименьший повторяющийся интервал времени или наработки машины, в течение которого в определенной последовательности выполняют все установленные виды ТО (ремонта).

Существует ***три основные стратегии*** выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту машин:

– по потребности после отказа;

– регламентировано в зависимости от наработки машины (или времени ее работы);

– по техническому состоянию, с периодическим или непрерывным контролем.

Согласно *первой стратегии* ремонтно-обслуживающие работы проводят после наступления отказа. К таким работам относят замену, ремонт, регулирование составных частей после внезапного отказа (ламп, контрольных приборов, прокладок, ремней и т. п.), а также отказа, устранение последствий которого сопровождается относительно небольшими потерями.

Работы, выполняемые по *второй стратегии*, носят планово-предупредительный характер. Их проводят периодически в зависимости от наработки (времени работы) без учета состояния узлов машины. К таким работам относят периодическую замену масел в картерах машин, регулярное смазывание подшипников и т. п.

Третья стратегия предполагает выполнение работ планово-предупредительного характера, которые проводят в зависимости от состояния машины или ее составных частей. Контроль (диагностирование) в таких случаях осуществляют в плановом порядке для установления состояния машины. К таким работам относят замену цилиндро-поршневой группы (ЦПГ), регулировку угла начала подачи топлива, момента зажигания и т. п.

Наиболее перспективной является третья стратегия, и по мере развития методов и средств технического диагностирования область ее распространения планируется расширять. Развитие системы ТО и ремонта машин по этой стратегии (т. е. по техническому состоянию) будет осуществляться с применением средств автоматизации и механизации операций ТО и более простой, доступной и наглядной нормативно-технической документации при улучшении организации ТО. Будет увеличиваться периодичность ТО и ремонта, снижаться перечень операций ТО.

Сущность регламентированного технического обслуживания можно раскрыть с помощью рис. 1.2.

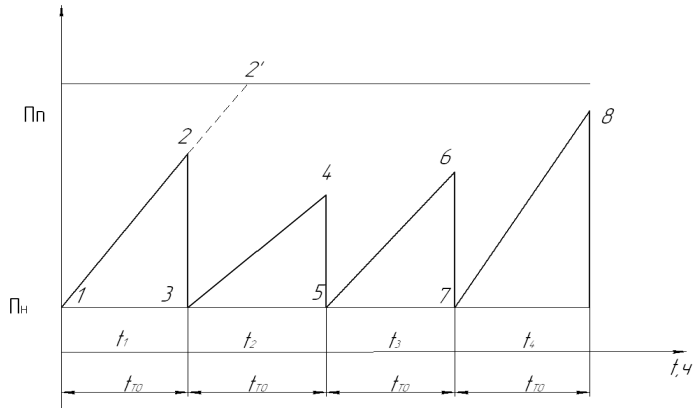


Рис. 1.2. Определение периодичности ТО по регламентированной наработке

В частности, у нового трактора значение параметра находится в точке *1*, т. е. он имеет номинальное значение $П_н$, соответствующее исправному состоянию трактора (узла). В процессе эксплуатации значение параметра изменяется по линии *1–2*. Достигнув точки *2'*, он будет иметь предельное значение $П_п$, и произойдет отказ узла (сборочной единицы) или переход в неработоспособное состояние. Этого можно избежать, если через определенные равные периоды (наработку) $t_{ТО} = t_1 = t_2 = \ldots = t_n$ проводить ТО с восстановлением параметра до номинального значения $П_н$ (или близкого к нему). При этом значение параметра не контролируют, однако гарантируют, что он не превысит предельного значения за время, равное периодичности ТО (т. е. $t_{ТО}$).

При выполнении работ по третьей стратегии (рис. 1.3) в момент наработки t_1, t_2, t_3 и т. д. проводят диагностирование параметра и сравнивают его значение с допустимым и заранее установленным $П_д$.

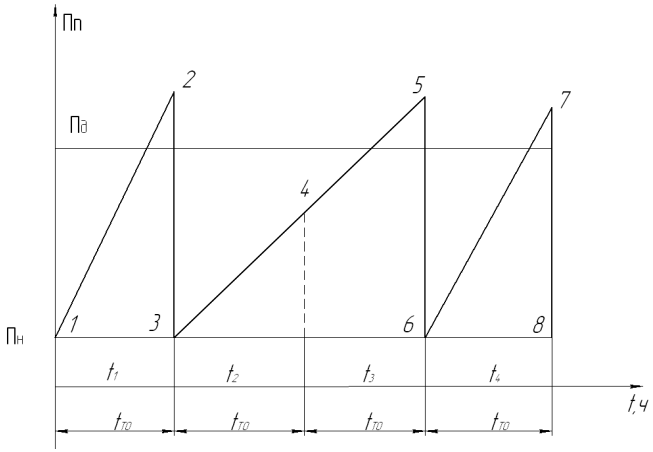


Рис. 1.3. Определение периодичности ТО по техническому состоянию

Если значение параметра больше допустимого значения $П_д$ (точка *2*), то его доводят до номинального $П_н$ (линия *2–3*). Если меньше допустимого $П_д$ (точка *4*), то параметр не восстанавливают, машина продолжает работать без регулирования до следующего технического обслуживания (момент t_3), т. е. параметр находится в зоне работоспособности (линия *4–5*). В этом и заключается предупредительный характер планового ТО. Периодичность тех-

нического обслуживания ($t_{ТО}$) и допустимое значение параметра тесно связаны: с увеличением периодичности допустимое значение параметра уменьшается, и наоборот.

Восстановление параметра при техническом обслуживании по результатам контроля исключает лишние регулировочные работы без какого-либо вреда для надежности трактора. Контроль всех параметров технического состояния машины (третья стратегия) в процессе эксплуатации в настоящее время экономически нецелесообразен. Его выполняют для наиболее сложных и ответственных узлов и агрегатов. Обслуживание других механизмов проводят по второй стратегии.

Фактически же при техническом обслуживании и ремонте сложной машины применяют все три стратегии – каждая по определенной составной части.

1.2.1. Система технического обслуживания и ремонта машин

В сельском хозяйстве Республики Беларусь в основном используется техника, изготавливаемая в нашей стране и странах СНГ, поэтому продолжает действовать и нормативно-техническая документация по ее техническому обслуживанию и ремонту, в т. ч. Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве. Она определяет технологию и организацию выполнения работ по ТО и ремонту машин.

Система технического обслуживания и ремонта машин носит планово-предупредительный характер.

Плановой эта система называется потому, что все виды ТО проводят после строго определенного времени работы машины или после выполнения ею той или иной выработки, т. е. машину, как правило, ставят на ТО или ремонт в плановом (регламентированном) порядке.

Предупредительной система является потому, что основное количество операций при плановой постановке на ТО выполняют до появления отказа (неисправности) и аварийного ускоренного износа сопряжений.

С ростом надежности машин и развитием научно-технического прогресса совершенствуют и систему ТО. Она приобретает характер комбинированной системы, которая предусматривает выполнение части операций в обязательном порядке, а части – по техническому состоянию (т. е. по необходимости, которую определяют техническим осмотром и диагностированием). Это позволяет снизить трудоем-

кость ТО, уменьшить потребность в запасных частях и эксплуатационных материалах.

Система ТО и ремонта включает следующие элементы: эксплуатационную обкатку; номерные ТО; текущий ремонт; капитальный ремонт.

Элементами подсистемы ТО являются: периодические ТО (ЕТО, ТО-1, ТО-2, ТО-3); сезонные ТО (ТО-ОЗ, ТО-ВЛ); ТО в особых условиях эксплуатации; ТО при хранении.

Эксплуатационная обкатка состоит из комплекса операций, предназначенных для подготовки новой или отремонтированной машины к производственной эксплуатации, обеспечивающих нормальную приработку трущихся поверхностей ее деталей.

Периодические ТО (ежесменное (ЕТО), первое (ТО-1), второе (ТО-2), третье (ТО-3)) – комплекс операций по поддержанию надежной экономичной работы машин при их использовании по назначению. По мере увеличения номера ТО комплекс операции количественно увеличивается и усложняется, а операции предыдущего номера входят в состав последующего, более сложного.

Сезонные ТО состоят из комплекса операций, предназначенных для подготовки машины к весенне-летнему (ТО-ВЛ) или осенне-зимнему (ТО-ОЗ) периодам эксплуатации.

ТО в особых условиях эксплуатации (ТО-ОУ) отличается дополнительными операциями, предназначенными для надежной и экономичной работы машины в условиях песчаных, каменистых и болотистых почв, пустыни, низких температур и высокогорья.

ТО перед началом сезона работы (ТО-Э) проводят для машин сезонного использования в целях обеспечения их работоспособности в предстоящий сезон работы.

ТО при хранении состоит из комплекса операций, предназначенных для обеспечения сохраняемости машины до использования по назначению.

Текущий ремонт проводят для обеспечения или восстановления работоспособности машины. Этот вид ремонта состоит в замене и (или) восстановлении отдельных составных частей.

Капитальный ремонт проводят для восстановления исправности и полного или близкого к нему восстановленного ресурса машины и ее агрегатов с заменой или восстановлением всех составных частей.

Различают плановый и неплановый ремонты.

Плановый осуществляют в соответствии с требованиями нормативно-технической документации в плановом порядке.

Неплановый осуществляют без предварительного назначения и в большинстве случаев для устранения отказов.

Объем ремонта определяют по техническому состоянию (результатам диагностирования).

Обоснование периодичности ТО и допускаемые значения параметров машин

Темп изменения параметров технического состояния сборочных единиц и трактора различны, поэтому периодичность операций ТО неодинакова: от ежедневной (например, проверка уровня масла) до одного раза в сезон (замена масла в трансмиссии) в среднем на 3–5 ч работы трактора приходится одна операция по ТО. С целью сокращения числа его простоев и частых остановок все операции группируют по видам ТО, которые выполняют после определенной наработки трактора, называемой *периодичностью ТО*.

Поскольку некоторые виды ТО выполняют по причине изменения климатических условий эксплуатации (сезонное ТО), а также при обкатке и хранении, для тракторов установлена определенная система видов ТО, которая охватывает все этапы эксплуатации машины – от обкатки до хранения.

Периодичность выполнения операций ТО обычно устанавливают исходя из принятого оценочного параметра: производительности машины, издержек на эксплуатацию, срока службы и др. В связи с этим существует несколько методов определения периодичности ТО: по максимальной производительности машины; по среднему значению наработки между отказами; по минимальному значению удельных издержек; по минимальной вероятности отказа и др.

Метод определения периодичности ТО *по максимальной производительности машины* заключается в том, что с течением времени в результате износов и нарушения регулировок мощность двигателя снижается, а следовательно, будет снижаться и производительность машины.

Графически снижение мощности двигателя можно показать в виде наклонной прямой (рис. 1.4).

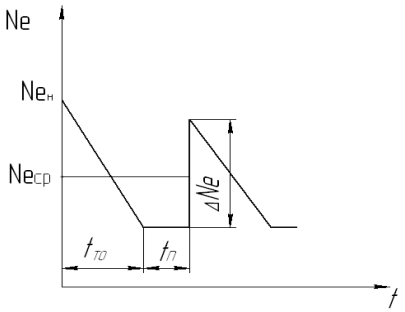


Рис. 1.4. График зависимости мощности двигателя N_e от наработки t

При ТО (период $t_{\text{п}}$) восстанавливают мощность двигателя, которая в процессе дальнейшей эксплуатации машины снова уменьшается (ΔN_e). Среднее значение мощности двигателя за сезон $N_{e_{\text{ср}}}$ тем выше, чем чаще проводится ТО, т. е. чем меньше период $t_{\text{ТО}}$. Однако по мере увеличения количества ТО растет суммарный простой машины за сезон $\sum t_{\text{п}}$, вызванный восстановлением мощности двигателя, т. е. снижается коэффициент использования рабочего времени за сезон $\tau = f(t_{\text{ТО}})$. Таким образом, повышение средней мощности путем уменьшения $t_{\text{ТО}}$ повышает сезонную наработку (производительность) машины $W_{\text{сез}}$, а снижение степени использования времени τ путем увеличения затрат времени на ТО $t_{\text{п}}$, наоборот, уменьшает $W_{\text{сез}}$ (рис. 1.5). В этом случае существует оптимальный интервал времени между обслуживаниями $t_{\text{ТО}}^{\text{опт}}$.

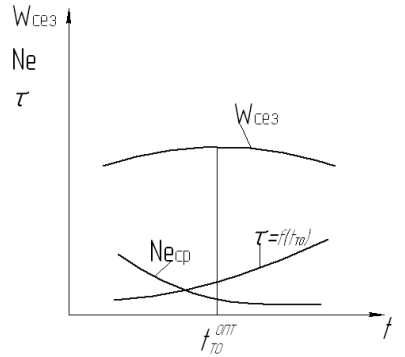


Рис. 1.5. График зависимости мощности двигателя, сезонной производительности и коэффициента использования времени смены от наработки

Недостаток этого метода заключается в том, что в качестве критерия оптимальности принимают среднее значение величин без учета вероятностного характера изменения параметра (производительности) однотипных машин.

Определение периодичности ТО *по среднему значению наработки между отказами* позволяет избежать указанного недостатка. Для определения периодичности ТО путем статистического анализа находят закон распределения мощности машины (рис. 1.6).

Зная числовые значения данного распределения, находят периодичность ТО, которую для случая нормального закона распределения обычно принимают меньше среднего значения $t_{\text{ТО}_{\text{ср}}}$ на величину среднеквадратического отклонения σ_t, т. е. $t_{\text{ТО}}^{\text{опт}} = t_{\text{ТО}_{\text{ср}}} - \sigma_t$.

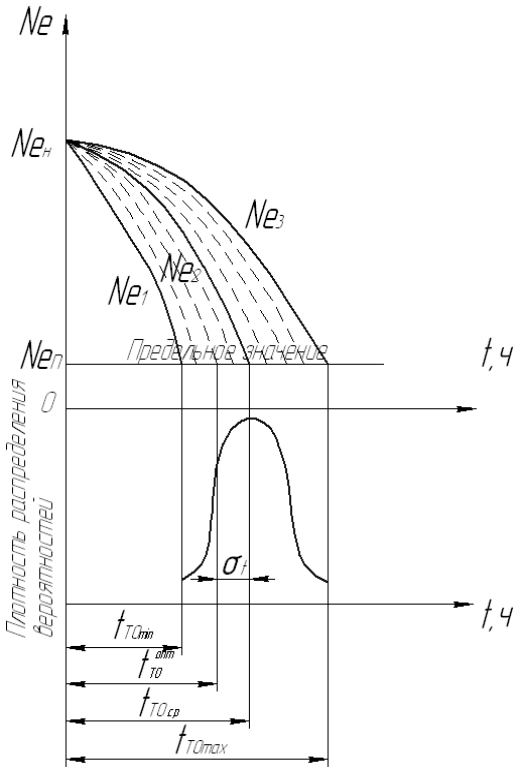


Рис. 1.6. График распределения мощности двигателя от наработки

Если принять в качестве периодичности ТО среднее значение наработки $t_{\text{ТО}_{\text{ср}}}$, то около 50 % машин до этого момента выйдут из строя, т. е. обслуживание окажется поздним. При значении периодичности $t_{\text{ТО}}^{\text{опт}}$ только 13,5 % машин обслужат после достижения предельных сроков, а интервал проведения ТО будет достаточно большим и предупредительный характер ТО сохранится. Если же принять за периодичность ТО величину $t_{\text{ТО}_{\min}}$, то практически все машины не достигнут предельного состояния, а остановки для проведения ТО окажутся частыми.

Этот метод также является приближенным.

Оптимальную периодичность ТО *по критерию минимума удельных затрат*, *минимальной вероятности отказа машины* и др. можно обосновать аналогично приведенной методике.

1.2.2. Управление надежностью и техническим состоянием машин по результатам диагностирования

Жизненный цикл машины, как и любого изделия, – промежуток времени *t* от замысла машины до снятия ее с производства. Принято рассматривать следующие стадии цикла (рис. 1.7):

I – исследования, конструирование, производство опытной партии и создание производственных мощностей;

II – появление машин на рынке, формирование спроса, окончательная доработка конструкции с учетом опыта ее эксплуатации;

III – стадия серийного или массового производства и широкая продажа;

IV – насыщение рынка;

V – снижение продаж и объема производства.

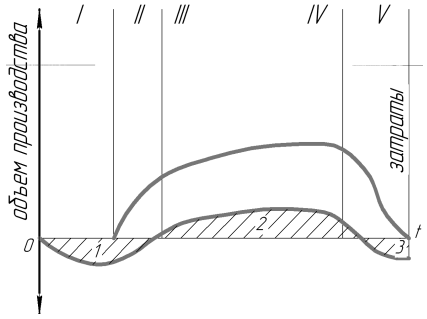


Рис. 1.7. Жизненный цикл машины

С коммерческой точки зрения на начальных стадиях *I* и *II* над финансовыми расходами *1* (см. рис. 1.7) на исследования, капитальные вложения и др. в дальнейшем превалируют доходы (прибыль *2*), и, наконец, рост убытков *3* заставляет прекратить производство.

Одним из основных потребительских качеств машины является ее *надежность*.

Современный уровень развития науки и техники позволяет достичь любых показателей надежности машин. Принятие решения о необходимости повышения качества изделий должно опираться на экономический анализ.

Существуют широкие возможности повышения качества машин за счет изменения конструкции, применения качественных материалов и различных вариантов технологического процесса, а также использования прогрессивных методов и средств сохранения и восстановления работоспособности машин. Однако затраты на эти мероприятия могут быть значительны и не возмещаться в процессе эксплуатации. Принимаемое решение должно обеспечивать наибольший экономический эффект от использования машины по назначению с учетом затрат в сфере ее производства и эксплуатации.

В общем случае изменение суммарного экономического эффекта Э(t) можно представить в виде выражения

$$Э(t) = C(t) - (C_и + C_э(t)), \qquad (1.4)$$

где C(t) – стоимость работы, выполняемой машиной в соответствии с ее целевым назначением за время t;

$C_и$ – затраты на изготовление новой машины, включая ее проектирование, изготовление, испытание, отладку и доставку к месту работы;

$C_э(t)$ – затраты, связанные с эксплуатацией машины с учетом сохранения и восстановления ее работоспособности.

Проанализировав данную зависимость, можно выделить четыре периода эксплуатации машины (рис. 1.8).

Первый период (период окупаемости $t_{ок}$) связан с минимальными эксплуатационными затратами. Важно обеспечить минимальное значение этого периода и перейти к периоду эксплуатации, когда машина начинает приносить потребителю доход.

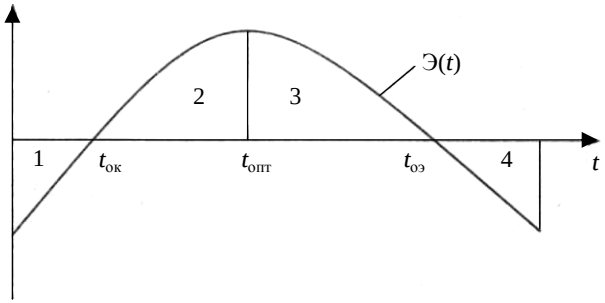


Рис. 1.8. График зависимости суммарного эффекта при использовании машины по назначению от ее наработки с начала эксплуатации

Второй период (t_2) эксплуатации начинается при $t = t_{ок}$ и заканчивается, когда интенсивность роста стоимости полезной работы $\Delta C(t)$ сравняется с интенсивностью роста стоимости эксплуатации машины $\Delta C_э(t)$. Причем разность $\Delta C(t) - \Delta C_э(t) > 0$, что способствует росту прибыли в процессе эксплуатации машины.

Этот период обеспечивает максимальный экономический эффект, и его продолжительность зависит от качества изготовления машины и организации технического сервиса.

Во втором периоде эксплуатации машины снижаются выходные параметры (уменьшается производительность при сокращении времени использования машины по назначению), что приводит к снижению роста $\Delta C(t)$, а интенсивность роста $\Delta C_э(t)$, наоборот, увеличивается. Наступает момент эксплуатации машины $t_{опт}$, когда наблюдается равенство интенсивности роста стоимости от полезной работы и стоимости по сохранению и восстановлению ее работоспособности, т. е. $\Delta C(t) = \Delta C_э(t)$. Дальнейшее использование машины по назначению при $t > t_{опт}$ приведет к снижению приращения суммарного экономического эффекта.

Основная задача технического сервиса – повышать наработку машины во втором периоде эксплуатации ($t_{опт} \rightarrow \max$). При достижении наработки $t_{опт}$ необходимо произвести анализ возможности модернизации машины или замены на новую с целью повышения выходных параметров при выполнении полезной работы.

Третий период (эксплуатация машины без модернизации после $t_{опт}$) происходит при $\Delta C_э(t) > \Delta C(t)$, и наступает момент ($t_{оэ}$) равенства стоимости выполненной полезной работы и стоимости изготовления

и технического сервиса, т. е. $\Delta C(t) = C_и + \Delta C_э(t)$. Здесь заканчивается третий период эксплуатации и начинается *четвертый*, при котором суммарный экономический эффект имеет отрицательное значение, т. к. происходит убыточное производство продукции.

Изменение суммарного экономического эффекта во времени $Э(t)$ определяет целесообразность использования машины по назначению.

Рассматривая жизненный цикл машины (ЖЦМ), важно оптимально распределять затраты на ее изготовление и эксплуатацию.

Решение по повышению надежности (главного показателя качества) принимают на основании снижения удельных суммарных затрат

$$Z_{уд} = \frac{C_и + C_э\left(t_{опт}\right)}{t_{опт}} \to \min. \qquad (1.5)$$

Как правило, целесообразно повышать затраты на изготовление и снижать на сохранение и восстановление работоспособности машины. Однако при увеличении затрат на изготовление новых машин необходимо экономическое обоснование по их рациональному распределению на повышение выходных параметров и надежности.

Увеличение затрат на *повышение выходных параметров машины* способствует росту значений $\Delta C(t)$ и $\Delta C_э(t)$ (с увеличением интенсивности работы машины увеличиваются расходы на поддержание и восстановление ее работоспособности). Если дополнительные средства при создании новой машины будут направлены только на *повышение надежности*, то $\Delta C(t)$ возрастет, а $\Delta C_э(t)$ соответственно снизится, но при неизменных выходных параметрах получение высокой прибыли будет ограничено. Здесь важно распределить дополнительные затраты на повышение выходных параметров и надежности так, чтобы $Э(t)$ принимал максимальное значение к наработке $t_{опт}$. Оптимальное решение по распределению ресурсов при создании и эксплуатации машин, а также определение рассматриваемых этапов наработки с учетом всех возможных вариантов может быть принято при использовании *информационных технологий*.

Для качественного анализа изменения суммарного экономического эффекта от наработки машины и определения граничных условий при составлении алгоритма использования информационных технологий рассмотрим изменение всех составляющих $Э(t)$ (рис. 1.9).

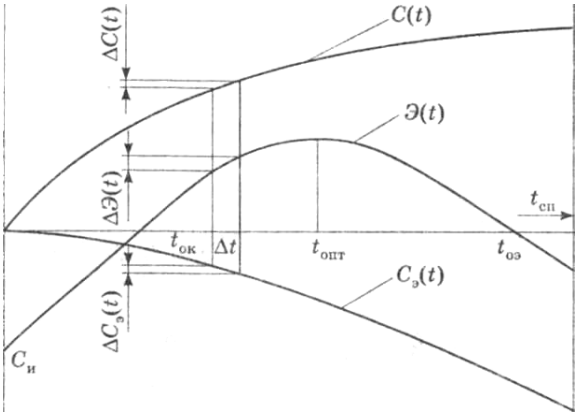


Рис. 1.9. График качественного изменения стоимостей полезной работы, технического сервиса и суммарного экономического эффекта от наработки с начала эксплуатации

В процессе наработки t изделия стоимость выполняемой полезной работы $C(t)$ при постоянных значениях часовой производительности $W_ч$ и стоимости единицы продукции C_1 определяют по уравнению

$$C(t) = tW_ч C_1. \tag{1.6}$$

Однако значение $W_ч$ в процессе наработки с начала эксплуатации значительно изменяется, его можно представить в виде выражения $W_ч = \Delta C(t)$ при $\Delta t = 1$ ч.

В этом случае стоимость выполненной работы машины за наработку t

$$C(t) = C_1 \int_0^t \Delta C(t)\, dt. \tag{1.7}$$

При значительном уменьшении значения $W_ч$ в процессе эксплуатации машины стоимость работ по сохранению и восстановлению ее работоспособности увеличивается, особенно при наработке, превышающей 0,5 среднего ресурса. В общем виде можно записать

$$C_у(t) = \int_0^t \Delta C(t)\, dt. \tag{1.8}$$

Величину суммарного экономического эффекта, а также начало и окончание рассматриваемых интервалов наработки определяют с учетом численного значения и знака $\Delta C(t)$, $\Delta C_э(t)$, $\Delta Э(t)$, $Э(t)$ и t.

Так, началу и окончанию каждого периода соответствуют значения:

– первого: $t = 0$, $Э(t) = -C_и$, $Э(t) = 0$, $\Delta Э(t) > 0$;

– второго: $Э(t) = 0$, $Э(t) > 0$, $dЭ(t) / dt = 0$;

– третьего: $dЭ(t) / dt$, $Э(t) = 0$, $\Delta Э(t) < 0$;

– четвертого: $Э(t) = 0$, $\Delta Э(t) < 0$, $t = t_{сп}$.

Интенсивность изменения и величина $Э(t)$ зависят от интенсивности изменения значений $C(t)$ и $C_э(t)$. При $\Delta Э(t) = C(t) - C_э(t) > 0$ окупаются затраты на приобретение новой машины. Чем выше $\Delta Э(t)$, тем короче $t_{ок}$ и тем быстрее потребитель получает прибыль. Все дополнительные затраты, особенно в третьем периоде, позволяющие увеличить значения $\Delta Э(t)$ и $t_{опт}$, оправданы, что способствует увеличению $Э(t)$. Эксплуатация машины в четвертом периоде может быть оправдана при комплексной механизации производственных процессов, когда отсутствует возможность его замены или увеличивается стоимость единицы производимой продукции.

Использование информационных технологий при эксплуатации машин с учетом характера изменения величин $C(t)$ и $C_э(t)$ позволит потребителю оперативно определять по каждой машине целесообразность дальнейшей эксплуатации и суммарный экономический эффект при любой наработке с начала эксплуатации по результатам диагностирования.

1.3. Прогнозирование технического состояния машин

Теория прогнозирования – составная часть общей теории автоматизированного контроля, которую успешно используют во всех отраслях науки и техники. Под теорией прогнозирования технического состояния машин понимают совокупность правил и приемов для определения характеристик изменения состояния машины с опережением этого процесса по времени.

Основная задача прогнозирования – установление оптимальных управляющих характеристик состояния машины (например, допустимых размеров деталей, количественных параметров состояния отдельных элементов, периодичности технического обслуживания

и диагностирования) с целью получения максимального эффекта по заранее выбранному критерию (например, экономическому или техническому). Поэтому теорию прогнозирования успешно применяют для управления надежностью машин путем сужения или расширения диапазонов допустимых при техническом обслуживании или ремонте значений параметров технического состояния элементов (размеров деталей, зазоров в сопряжениях, давления масла, расхода топлива, количества прорывающихся в картер газов и т. д.).

В результате прогнозирования технического состояния машин устанавливают (предсказывают) сроки безотказной работы составных частей машины до очередного технического обслуживания или ремонта, что позволяет предотвратить преждевременные отказы.

При прогнозировании обязательны три этапа:

1) исследование динамики состояния машины в целом, выявление и уточнение характеристик изменения параметров состояния ее элементов;

2) определение допустимых изменений параметров состояния элементов, разработка или выбор методов и средств измерения, измерение параметров технического состояния, выбор методов прогнозирования, а также способов проверки надежности и достоверности прогноза;

3) прогнозирование изменения различных параметров состояния элементов, анализ прогнозов по отдельным элементам и составным частям, обобщая их на техническое состояние всей машины.

Следовательно, первый этап прогнозирования направлен в прошлое, второй (диагностика) – в настоящее, третий – в будущее, причем будущее в виде прогноза возвращается к настоящему.

Для получения достоверного прогноза необходимо выбрать метод прогнозирования, который позволит с определенной погрешностью установить состояние элемента в будущем, в частности установить момент отказа элемента (машины).

При выборе методов прогнозирования следует учитывать:

– задачи прогнозирования;

– количество имеющейся информации;

– характер реального процесса изменения параметра состояния элемента.

Для решения задач в области диагностики машин необходимо использовать простые и достаточно точные методы прогнозирования. Методы должны быть универсальными, пригодными для

оценки состояния любых деталей и узлов машины. Крайне важно при прогнозе свести к минимуму вычислительные операции. В связи с этим предварительно составляют таблицы и разрабатывают номограммы, с помощью которых решают две задачи:

1) установить по исходным данным допустимое изменение параметра;

2) определить остаточный ресурс элемента.

1.3.1. Прогнозирование по среднему статистическому изменению параметра и по реализации изменения параметра

Прогнозирование по среднему статистическому изменению параметра – предсказание изменения какого-либо параметра машины на основании большого количества опытных данных, обработанных статистически.

По результатам диагностирования сравнивают измеренное значение параметра с допустимым. Если значение не превышает допустимое, то сопряжение (узел) не требует никакого воздействия. Если же он больше допустимого, то узел подлежит профилактике или ремонту. Благодаря простоте этот метод используют чаще всего.

Прогнозирование изменения по реализации параметра, т. е. по индивидуальному изменению параметра, – предсказание изменения какого-либо параметра машины на будущее, зная его состояние на момент замера и характер изменения. Этот метод применяют для прогнозирования надежной работы машины в течение заданной наработки и остаточного ресурса до капитального ремонта. Метод более точный, но спрогнозировать работу всех элементов машины практически невозможно. Его применяют для наиболее ответственных и сложных узлов.

Если известен характер изменения параметра в будущем (рис. 1.10), то остаточный ресурс (ч):

$$t_{\text{ост}} = t_{\text{исп}} \left[\left(\frac{И_{\text{п}}}{И_{\text{з}}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right], \qquad (1.9)$$

где $t_{\text{исп}}$ – использованный ресурс;

$И_{\text{п}} = П_{\text{п}} - П_{\text{н}}$ – предельно допустимое изменение параметра ($П_{\text{п}}$, $П_{\text{н}}$ – предельное и номинальное (начальное) значения параметра);

$И_з = П_з - П_н$ – изменение параметра на момент замера ($П_з$ – замеренное значение параметра);

α – показатель степени, характеризующий закономерность изменения параметра.

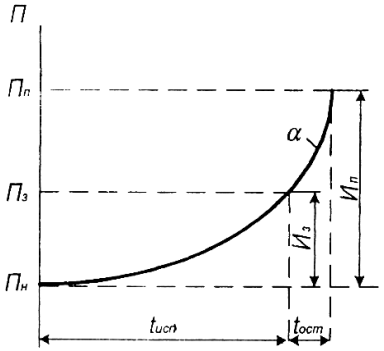


Рис. 1.10. График изменения параметра состояния машины в зависимости от наработки

Если наработка машины с начала эксплуатации $t_{исп}$ неизвестна, то необходимо выполнить два замера параметра через определенную наработку:

$$t'_{ост} = t'_{исп} \sqrt[\alpha]{\frac{П_п - П_н}{П''_з - П'_з}}, \qquad (1.10)$$

где $t'_{ост}$ – остаточный ресурс после 2-го замера;

$t'_{исп}$ – ресурс, использованный между двумя замерами;

$П'_з$, $П''_з$ – значения параметра при 1-м и 2-м замерах.

На основании этих зависимостей составлены номограммы, которыми пользуются мастера-диагносты.

1.3.2. Прогнозирование остаточного ресурса агрегатов машин при известной наработке от начала эксплуатации

При прогнозировании ресурса при известной наработке от начала эксплуатации принимают, что изменение параметра элемента (износ детали) происходит по зависимости (рис. 1.11).

Остаточный ресурс определяют по формуле

$$t_{\text{ост}} = t_{\text{н}}\left[\left(\frac{\text{И}_{\text{п}}}{\text{И}_{t_{\text{н}}}}\right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1\right]. \qquad (1.11)$$

При $\alpha > 1$ и $\alpha < 1$ зависимость значений параметров технического состояния составных частей машины от продолжительности работы (наработки) имеет криволинейный характер, причем при $\alpha > 1$ кривая обращена выпуклостью вниз, при $\alpha < 1$ – вверх. При $\alpha = 1$ указанная зависимость линейна.

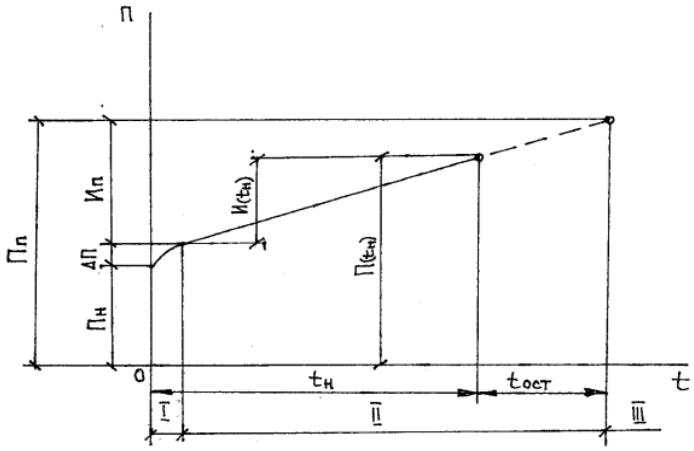


Рис. 1.11. Схема прогнозирования остаточного ресурса при известной наработке от начала эксплуатации:
I – этап приработки;
II – этап нормальной работы с установившейся скоростью изменения параметра состояния;
III – этап, при котором наступает предельное состояние диагностируемой составной части

Следовательно, для определения остаточного ресурса сопряжения необходимо измерить значение соответствующего параметра $\Pi(t_{\text{н}})$ и знать наработку $t_{\text{н}}$ к моменту измерения. Значения остальных параметров ($\Pi_{\text{н}}$ – номинальное значение параметра

состояния; $П_п$ – предельное значение параметра состояния; ΔП – показатель изменения параметра за период приработки; α – показатель степени функции изменения параметра состояния) должны быть заданы либо приняты по технологической карте диагностирования. При отсутствии данных по номинальным значениям отдельных параметров допускается принять их по чертежам технической документации либо руководству по эксплуатации соответствующих машин.

Значение показателя степени α определяют по результатам многократных измерений значений состояния одноименных элементов. Значения некоторых параметров технического состояния отдельных составных частей тракторов и сельхозмашин приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Значения показателя α для различных параметров составных частей тракторов и сельхозмашин

Параметр технического состояния	Значение α
Угар картерного масла	2,0
Мощность двигателя	0,8
Расход газов, прорывающихся в картер:	
– до замены колец	1,3
– после замены колец	1,5
Зазоры в кривошипно-шатунном механизме	1,4
Зазор между клапаном и коромыслом механизма газораспределения	1,1
Износ опорных поверхностей тарелки клапана газораспределения и посадочного гнезда (утопание клапанов)	1,6
Износ кулачков распределительного вала по высоте	1,1
Износ гусеничных и втулочно-роликовых цепей (увеличение шага)	1,0
Износ плунжерных пар	1,1
Радиальный зазор в подшипниках качения	1,5
Износ посадочных гнезд корпусных деталей	1,0
Износ зубьев шестерен по толщине	1,5
Износ шлицевых валов	1,1
Износ валов, пальцев и осей	1,4
Износ накладок тормозов и дисков муфт сцепления	1,0

С целью облегчения и ускорения расчетов разработаны таблицы значений $\left(\frac{И_{п}}{И_{t_н}}\right)^{\frac{1}{\alpha}}$ (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Значения $\left(\frac{И_{п}}{И_{t_н}}\right)$ при определении остаточного ресурса

$\frac{И_{п}}{И_{t_н}}$	Значения при показателе степени α									
	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0	2,5
10,00	17,78	10,00	8,30	6,81	5,88	5,19	4,65	3,87	3,16	2,51
9,00	15,59	9,00	7,39	6,23	5,42	4,80	4,33	3,64	3,00	2,41
8,00	13,45	8,00	6,63	5,66	4,96	4,42	4,01	3,40	2,83	2,30
7,00	11,39	7,00	5,88	5,06	4,46	4,01	3,66	3,14	2,65	2,20
6,00	9,39	6,00	5,11	4,45	3,97	3,60	3,33	2,87	2,45	2,20
5,00	7,48	5,00	4,33	3,83	3,45	3,16	2,92	2,58	2,24	1,90
4,00	5,66	4,00	3,53	3,17	2,90	2,69	2,52	2,26	2,00	1,74
3,00	3,95	3,00	2,72	2,49	2,33	2,19	2,08	1,91	1,73	1,55
2,80	3,62	2,80	2,55	2,36	2,21	2,09	1,99	1,84	1,67	1,51
2,50	3,14	2,50	2,30	2,17	2,02	1,92	1,84	1,71	1,58	1,44
2,20	2,68	2,20	2,05	1,93	1,83	1,74	1,69	1,59	1,48	1,37
2,00	2,38	2,00	1,88	1,78	1,70	1,64	1,59	1,50	1,41	1,32
1,90	2,23	1,90	1,79	1,71	1,64	1,58	1,54	1,46	1,38	1,29
1,80	2,08	1,80	1,71	1,63	1,57	1,52	1,48	1,41	1,34	1,27
1,70	1,94	1,70	1,62	1,56	1,50	1,46	1,42	1,37	1,30	1,24
1,60	1,80	1,60	1,53	1,48	1,44	1,40	1,37	1,32	1,27	1,21
1,50	1,66	1,50	1,45	1,40	1,37	1,34	1,31	1,27	1,22	1,18
1,40	1,52	1,40	1,36	1,33	1,30	1,27	1,25	1,21	1,18	1,14
1,30	1,39	1,30	1,27	1,24	1,22	1,20	1,14	1,17	1,14	1,11
1,25	1,32	1,25	1,23	1,20	1,19	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10
1,20	1,25	1,20	1,18	1,16	1,15	1,14	1,13	1,11	1,10	1,08
1,15	1,19	1,15	1,13	1,13	1,11	1,11	1,11	1,09	1,09	1,06
1,10	1,13	1,10	1,09	1,08	1,08	1,07	1,07	1,06	1,05	1,04

1.3.3. Прогнозирование остаточного ресурса агрегатов машин при неизвестной наработке от начала эксплуатации

При прогнозировании ресурса при неизвестной наработке от начала эксплуатации принимают, что изменение параметра элемента происходит по зависимости (рис. 1.12).

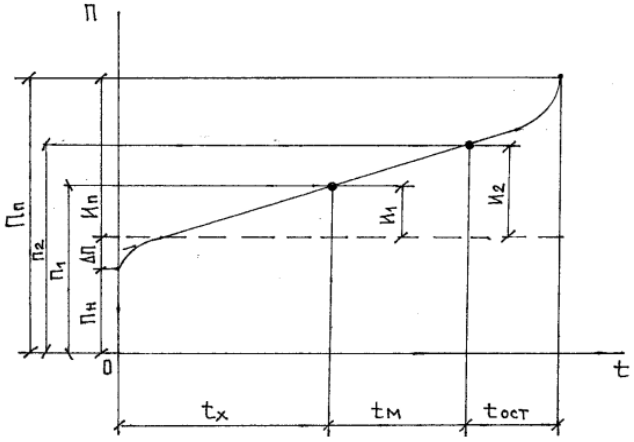


Рис. 1.12. Схема прогнозирования остаточного ресурса при неизвестной наработке от начала эксплуатации

Для данного случая остаточный ресурс определяют по значениям параметров состояния, устанавливаемым при двукратном диагностировании и наработке $t_м$ между первым и вторым измерениями.

Например, на двигатель при текущем ремонте установлены детали цилиндро-поршневой группы с допускаемым износом, т. е. пригодные к дальнейшей эксплуатации, их наработка с начала эксплуатации неизвестна. При очередном диагностировании провели первую проверку технического состояния ЦПГ, а после отработки двигателем еще одного максимального срока $t_м$ повторно измерили тот же параметр.

Для данного случая согласно рис. 1.12:

$П_1$, $П_2$ – значение параметра, измеренное при первой и повторной проверках технического состояния ЦПГ соответственно;

$И_1 = П_1 – П_н$ – изменение параметра от начала эксплуатации до первой проверки;

$И_2 = П_2 – П_н$ – изменение параметра от начала эксплуатации до второй проверки;

$t_м$ – межконтрольная наработка (наработка ЦПГ между первой и второй проверками);

t_x – наработка от начала эксплуатации до первой проверки (величина неизвестная).

Остаточный ресурс определяют по формуле

$$t_{ост} = t_м \left[\frac{1}{\left(\frac{И_2}{И_1} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1} + 1 \right] \left[\left(\frac{И_п}{И_2} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right], \qquad (1.12)$$

при $\alpha = 1$

$$t_{ост} = t_м \frac{П_п - П_2}{П_2 - П_1}. \qquad (1.13)$$

Следовательно, при неизвестной наработке от начала эксплуатации для определения остаточного ресурса необходимо измерить значение контролируемого параметра не менее двух раз и знать наработку между этими измерениями. Остальные значения параметра принимают аналогично предыдущему случаю (п. 1.3.2).

1.3.4. Прогнозирование остаточного ресурса агрегатов с учетом случайного характера изменения параметра

Ввиду большого разнообразия условий эксплуатации машин в сельском хозяйстве, режимов работы и технического состояния деталей динамика контролируемых параметров носит случайный характер. Кроме того, вследствие резкого изменения условий эксплуатации и нагрузочных режимов работы машин, а также в связи с заменой или переукомплектацией деталей при устранении отказов и ремонте составных частей значения параметров часто меняются не плавно, а скачкообразно. Отсюда следует, что скорость изменения параметров состояния одноименных сборочных единиц однотипных машин при одной и той же наработке неодинакова.

Случайный характер изменения параметров технического состояния составных частей машин, несмотря на периодический контроль,

техническое обслуживание, замену и восстановление деталей, неизбежно приводит к рассеиванию межремонтных сроков службы составных частей. Это обусловливает, с одной стороны, неполное использование их ресурсов, а с другой – возникновение отказов в процессе эксплуатации.

Влияние случайных факторов, вызывающих значительные отклонения скорости изменения контролируемого параметра от полученной закономерности, приводит к большим отклонениям результатов измерений от соответствующих точек, лежащих на теоретической кривой.

Следовательно, если проверить прогнозирование на основе плавной кривой реализации, как это рассматривалось выше, то результаты будут иметь приближенные значения. Чтобы получить точные результаты, необходимо учесть случайные отклонения измеряемых параметров от теоретической плавной кривой, характеризуемые погрешностью измерения. Остаточный ресурс в таких случаях определяют с заданной доверительной вероятностью, характеризующей долю одноименных составных частей из некоторой совокупности, которые проработают определенный заданный ресурс. Например, при доверительной вероятности 0,90 отказы будут лишь в 10 случаях из 100.

При нормальном законе распределения погрешности прогнозирования остаточный ресурс при любой доверительной вероятности определяется по формуле

$$t_{\text{ост}} = t_{\text{н}} \left(\sqrt[\alpha]{\frac{\frac{И_{\text{п}}}{И_{t_{\text{н}}}} + Б\nu_z}{Б\nu_z + 1}} - 1 \right), \qquad (1.14)$$

где Б – характеристика распределения остаточного ресурса, зависящая от доверительной вероятности;

ν_z – коэффициент вариации.

Значения Б при различных значениях доверительной вероятности $F_{\text{о}}$(Б) приведены в табл. 1.5. При выборе доверительной вероятности $F_{\text{о}}$(Б) в каждом конкретном случае исходят из величины издержек, вызванных отказом составной части, из условия обеспечения безопасности работ и пр.

Таблица 1.5

Значение нормированной величины Б
в зависимости от доверительной вероятности F_o(Б)

F_o(Б)	Б	F_o(Б)	Б	F_o(Б)	Б
0,600	0,253	0,900	1,282	0,960	1,751
0,650	0,385	0,910	1,341	0,970	1,881
0,700	0,524	0,920	1,405	0,980	2,054
0,750	0,674	0,930	1,476	0,990	2,326
0,800	0,842	0,940	1,555	0,995	2,576
0,850	1,036	0,950	1,645	0,999	3,090

Чем больше величина издержек при отказе, тем больше должна быть доверительная вероятность. Для особо ответственных частей, устранение отказа которых требует больших издержек, а также для сопряжений, влияющих на технику безопасности при работе машины, доверительная вероятность должна составлять не менее 0,95, для менее ответственных деталей – 0,60–0,95, для малоответственных – 0,30–0,60.

1.4. Роль и место диагностирования машин при эксплуатации. Технология диагностирования машин

Термин «диагностика» происходит от греческого слова *diagnosticos* – способный распознавать.

Техническая диагностика позволяет: сократить количество капитальных ремонтов и затраты на ремонт в 1,3–1,5 раза; уменьшить простой машинно-тракторных агрегатов из-за технических неисправностей в 1,5–2,0 раза; повысить межремонтную наработку тракторов не менее чем на 500 мото-ч; снизить трудоемкость технического обслуживания и ремонта за счет сокращения разборочно-сборочных работ и исключить случаи преждевременного ремонта; повысить выработку машинно-тракторных агрегатов за счет сокращения простоев по техническим неисправностям на 15 %–20 % и уменьшить издержки на их эксплуатацию на 10 %–15 %.

Техническое диагностирование – процесс определения технического состояния и перспектив дальнейшей эксплуатации машины и ее сборочных единиц без их разборки. Техническое состояние машины и ее сборочных единиц оценивают параметрами по при-

знакам, характеризующим эти параметры. Если параметр – качественная мера, характеризующая свойство системы и ее состояние, то признак – его внешнее проявление. Признак может показывать изменение параметра через химические, электрические, магнитные, звуковые и другие сигналы.

Диагностический параметр – это параметр объекта, используемый при его диагностировании. Для каждого объекта можно указать множество параметров, характеризующих его техническое состояние. Их выбирают в зависимости от метода диагностирования, уровня информативности и точности, трудоемкости поддержания и восстановления работоспособности объекта, различных организационно-экономических факторов.

К параметрам диагностирования предъявляют следующие требования: однозначность, информативность, технологичность, стабильность.

Однозначность предусматривает наличие одного значения параметра выходного процесса. *Информативность* параметра характеризует объем информации о техническом состоянии диагностируемого объекта. *Технологичность* параметра оценивают удобством, трудоемкостью и себестоимостью диагностирования. *Стабильность* характеризует степень рассеивания значений параметра при постоянных условиях измерения.

Различают структурные и диагностические параметры.

Преимущество *структурных параметров* – наиболее объективная оценка по ним технического состояния контролируемого объекта; недостаток – необходимость разборки агрегатов, что влечет за собой нарушение приработки трущихся сопряжений.

В некоторых случаях *диагностический параметр* более правильно характеризует техническое состояние объекта диагностирования, чем структурный. Например, состояние цилиндро-поршневой группы лучше определять по количеству газов, прорывающихся в картер, или по угару картерного масла, чем по зазорам в сопряжениях и другим структурным параметрам. Так, при «бочкообразном» износе гильз цилиндров и допускаемом зазоре между гильзой и юбкой поршня возможен настолько большой угар картерного масла, что дальнейшая эксплуатация двигателя без ремонта экономически нецелесообразна.

Между структурными и соответствующими им диагностическими параметрами существует определенная количественная связь, основанная на известной закономерности. Примеры структурных и соответствующих им диагностических параметров приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Структурные и диагностические параметры

Структурные параметры	Диагностические параметры
Зазоры в сопряжениях цилиндро-поршневой группы	Количество газов, прорывающихся в картер, угар картерного масла
Зазоры в подшипниках коленчатого вала	Давление в масляной магистрали
Плотность электролита	Степень разряженности аккумуляторной батареи
Толщина фрикционных дисков муфты поворота гусеничного трактора, упругость зажимных пружин	Усилие, приложенное к рычагу управления поворотом в момент трогания гусеницы с места

По характеру воздействия на объект диагностирования параметры подразделяют на входные и выходные.

Входной параметр – мера воздействия на объект диагностирования извне. Например, применительно к трактору или комбайну в качестве входных параметров можно рассматривать нагрузку и характер ее приложения (переменная или постоянная), расход и качество топлива, климатические и атмосферные условия, рельеф поля и др.

Выходной параметр – мера внешнего проявления свойств объекта диагностирования. Например, мощность двигателя, температура охлаждающей жидкости, картерного масла и отработавших газов, дымность газов и др.

Численное значение параметра является его количественной мерой, оно может быть номинальным, допустимым и предельным.

Номинальное значение параметра ($П_{ном}$) характерно для новых или капитально отремонтированных машин и сборочных единиц и обеспечивает их рациональную эксплуатацию.

Значение параметра, обеспечивающее безотказную работу сборочных единиц до очередного диагностирования, называют *допустимым* ($П_{доп}$).

Предельное значение параметра ($П_{пр}$) характеризует экономическую нецелесообразность или опасность дальнейшей эксплуатации машины.

Безотказная работа машины и снижение трудоемкости ТО и плановых ремонтов зависят от точности определения изменений

контролируемых параметров при диагностировании сборочных единиц и систем. Снижение трудоемкости обслуживания и ремонтов машины происходит, если рассматривать процесс диагностирования как систему последовательно-параллельных технологических операций (рис. 1.13). Здесь рассматривают операции, выполняемые для всех сборочных единиц (общеподготовительные работы, выбор диагностического параметра, анализ контролируемого параметра, прогнозирование остаточного ресурса).

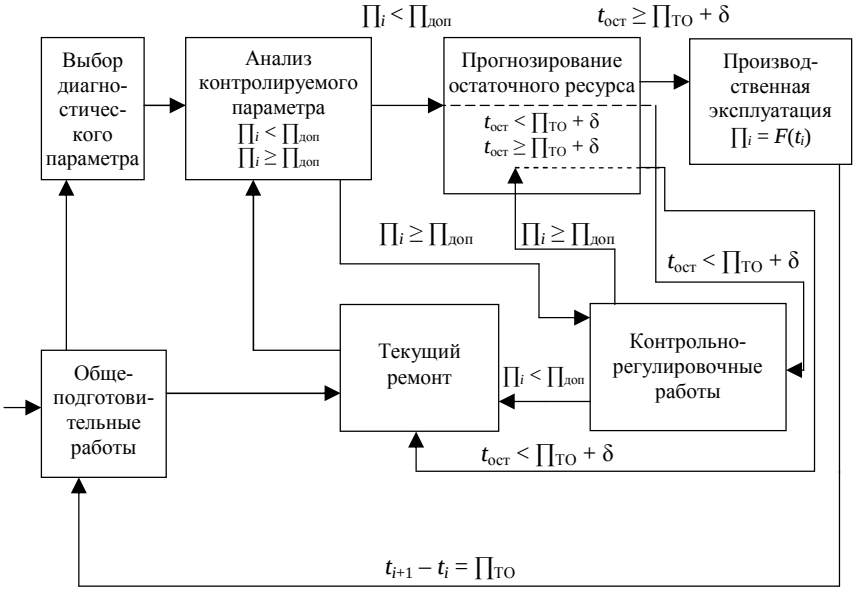


Рис. 1.13. Схема диагностирования объекта

Для сборочных единиц с текущими значениями параметра, превышающими допустимые, дополнительно проводят контрольно-регулировочные и (или) ремонтные операции. В момент контроля технического состояния машины или сборочной единицы определяют фактическое значение параметра Π_i и сравнивают с допустимым значением $\Pi_{доп}$ ($t_{доп} = t_п - \Pi_{ТО} - \delta$). Если $\Pi_i < \Pi_{доп}$, то для машины в целом или для сборочной единицы прогнозируют остаточный ресурс $t_{ост}$.

Предельное значение параметра диагностируемого объекта не достигается в процессе эксплуатации при значениях $t_{ост}$, превышаю-

щих наработку до очередного контролируемого мероприятия, включая значение абсолютной ошибки прогнозирования δ.

Как правило, наработка до очередного контрольного мероприятия равна периодичности первого технического обслуживания ($П_{ТО}$). Машина должна поступать в эксплуатацию при $t_{ост} > П_{ТО} + δ$. Если остаточный ресурс $t_{ост} < П_{ТО} + δ$, то планируют контрольно-регулировочные и (или) ремонтные работы, после проведения которых машина поступает на пост текущего ремонта.

1.4.1. Повышение надежности и задачи диагностирования машин при их изготовлении, использовании, техническом обслуживании и ремонте

Техническое диагностирование предусматривает системную последовательность контроля состояния машин на этапах изготовления, эксплуатации и ремонта.

Основные задачи диагностирования машины – проверка работоспособности сборочных единиц и машины в целом, определение потребности в выполнении контрольно-регулировочных и ремонтных операций при техническом обслуживании, поиск дефектов и контроль качества ремонта, сбор и обработка информации для прогнозирования остаточного ресурса.

Заводское технологическое диагностирование необходимо для выявления технического состояния деталей сборочных единиц машин в процессе их изготовления, сборки и заводских испытаний. На основании его результата могут быть установлены надежность и планируемый моторесурс машин.

Ремонтное диагностирование можно разделить на предремонтное, ремонтно-технологическое и послеремонтное.

Задачи диагностирования: *предремонтного* – выявить техническое состояние машины для определения объекта ремонтных работ; *ремонтно-технологического* – контролировать некоторые детали и сборочные единицы во время их ремонта, сборки, обкатки, испытаний; *послеремонтного* – оценить качество ремонта и устранить выявленные недостатки самого ремонта.

В условиях эксплуатации задачами технического диагностирования являются: проверка технического состояния и работоспособности машин; поиск неисправностей машин; определение остаточного ресурса машин.

В соответствии с этими задачами различают следующие виды диагностирования: в процессе ТО (или совмещенное); заявочное; ресурсное.

При *проведении ТО* с помощью диагностирования определяют техническое состояние и работоспособность машины, а также устанавливают возможность работы машины до следующего ТО.

Заявочное диагностирование проводят для поиска неисправностей в механизмах и системах машины по заявкам обслуживающего машину персонала.

При *ресурсном диагностировании*, которое проводят при ТО и межремонтной наработке, определяют остаточный ресурс агрегатов машины и при необходимости устанавливают вид и объем ремонта.

По объему и характеру информации о работоспособности машины диагностика может быть *общей* (проверяют работоспособность машины, устанавливают необходимость проведения регулировочных и ремонтных работ) и *углубленной* (проводят углубленный анализ технического состояния сборочных единиц и систем с выявлением дефектов, устанавливают объем регулировочных работ, определяют остаточный ресурс и качество ТО и ремонта).

При техническом диагностировании предварительно выполняют общеподготовительные работы (очистку машины, ознакомление с информацией тракториста о ее техническом состоянии, визуальный осмотр наружных креплений и герметизации соединений составных частей), которые позволяют выявлять очевидные дефекты сборочных единиц и определять необходимость их ТО или ремонта перед диагностированием.

После предварительной оценки технического состояния и устранения явных дефектов определяют диагностический параметр или комплекс параметров, характеризующих техническое состояние машины, ее системы и (или) сборочных единиц.

1.4.2. Концепция диагностирования техники в современных условиях

При определении технического состояния объекта выбор параметров диагностирования является важнейшей задачей. Следует учитывать различные взаимосвязи между структурными и диагностическими параметрами, используемыми для целей диагностирования.

При решении задачи выбора параметров диагностирования в сложных ситуациях определяют возможный набор параметров.

С этой целью строят структурно-следственные схемы сборочной единицы или системы, представляющие собой граф-модель, увязывающую в единое целое основные элементы диагностируемого объекта, характеризующие их структурные параметры, перечень характерных неисправностей и параметры диагностирования.

Пример структурно-следственной схемы газораспределительного механизма (ГРМ) двигателя приведен на рис. 1.14.

По составленной схеме устанавливают первоначальный перечень диагностических параметров. На основе анализа с учетом выполнения требований однозначности, стабильности, чувствительности, информативности и технологичности осуществляют отбор наиболее эффективных диагностических параметров.

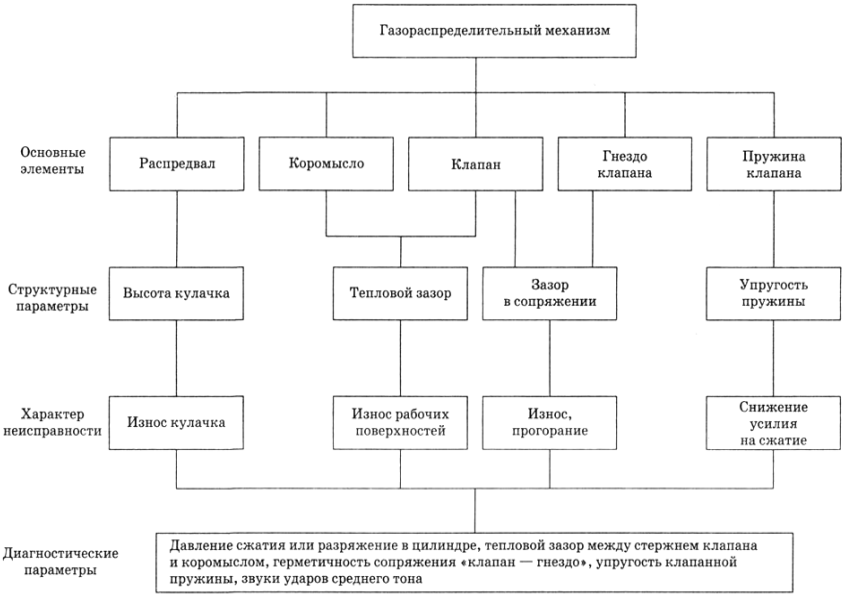


Рис. 1.14. Структурно-следственная схема диагностирования газораспределительного механизма

На заключительном этапе оценивают параметры по затратам на диагностирование. Предпочтение отдается разработке процессов диагностирования с минимальными удельными приведенными затратами.

Важнейшим этапом процесса диагностирования является постановка диагноза. Общую оценку работоспособности диагностируемого объекта в целом производят по выходным параметрам, на основании которых ставят общий диагноз: «работоспособен» или «неработоспособен» («да» или «нет»).

При втором варианте для определения потребности в ремонтно-регулировочных операциях и локализации конкретной неисправности требуется более глубокий диагноз. Оценку работоспособности объекта одним диагностическим параметром сводят к сравнению номинальных, текущих и предельных его значений.

Постановку диагноза при оценке работоспособности по нескольким диагностическим параметрам проводят на основе установленных связей между неисправностями и используемыми диагностическими параметрами. Для реализации этой задачи на практике широко используют диагностические матрицы. Такая матрица представляет собой логическую модель, описывающую связи возможных неисправностей с диагностическими параметрами. Единица в месте пересечения строки и столбца означает возможность наличия неисправности, а ноль – ее отсутствие. Например, с помощью диагностической матрицы, приведенной в виде табл. 1.7, решают задачу локализации одной из четырех неисправностей ДВС с помощью шести диагностических параметров. Так, на мощность ДВС влияют герметичность цилиндра и зазор в сопряжении «клапан–гнездо» в открытом состоянии, который зависит от износа кулачка распредвала, определяемого по ходу коромысла.

Таблица 1.7

Диагностическая матрица локализации неисправностей газораспределительного механизма двигателя

Диагностические параметры	Возможные неисправности			
	Увеличенные зазоры сопряжения «поршень–кольца–гильза»	Нарушение герметичности сопряжения «клапан–гнездо»	Износ кулачка распределительного вала	Снижение упругости пружин
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1. Мощность двигателя	1	1	1	1
2. Давление сжатия пружины	1	1	0	1

Окончание таблицы 1.7

1	*2*	*3*	*4*	*5*
3. Количество газов, прорывающихся через сопряжение «клапан–гнездо»	0	1	0	0
4. Количество газов, прорывающихся в картер двигателя	1	0	0	0
5. Ход коромысла (высота кулачка)	0	0	1	0
6. Усилие сжатия пружины	0	0	0	1

На снижение герметичности цилиндра влияют зазоры в сопряжениях «поршень–кольца–гильза» и «клапан–гнездо», а также упругость клапанных пружин. Локализацию этих неисправностей можно провести с помощью параметров 3, 4 и 6.

Диагностические матрицы позволяют автоматизировать процесс диагностирования, уменьшить его трудоемкость и увеличить достоверность постановки диагноза.

1.4.3. Классификация методов диагностирования машин

Методы диагностирования машин можно разделить на субъективные и объективные (рис. 1.15).

Субъективные методы позволяют оценивать техническое состояние контролируемого объекта:

– визуальным осмотром (выявляют места подтекания топлива, масла и технических жидкостей, определяют их качество по пятну на фильтровальной бумаге, устанавливают наличие трещин на металлоконструкции, деформацию шин и остаточную деформацию металлоконструкции, заметную на глаз усадку штока силового цилиндра при нейтральной позиции рукоятки золотника распределителя, вспенивание жидкости, цвет выхлопных газов и т. д.);

– ослушиванием (характер шумов, стуков и вибрации);

– по степени нагрева механизмов и трубопроводов (на ощупь);

– по характерному запаху.

Достоинство субъективных методов – низкая трудоемкость и практическое отсутствие средств измерения. Однако результаты диагностирования этими методами дают только качественную оценку технического состояния объекта и зависят от опыта и квалификации диагноста.

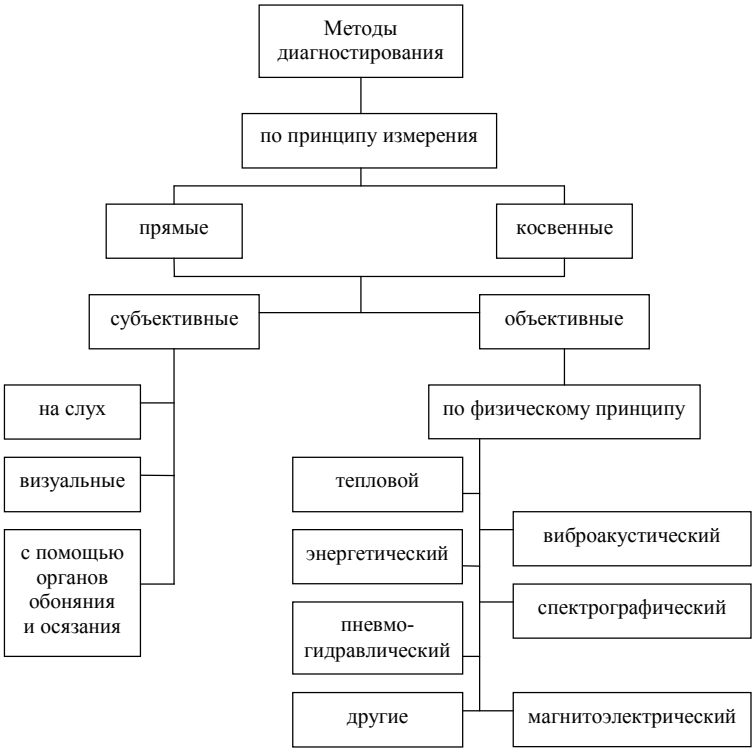


Рис. 1.15. Классификация методов диагностирования

Объективные методы контроля работоспособности объекта основаны на использовании измерительных приборов, стендов и другого оборудования, позволяющих количественно определять параметры технического состояния, которые изменяются в процессе эксплуатации машины. В процессе диагностирования используются средства самых различных принципов и назначения, что приводит к большому разнообразию применяемых методов. Наибольшее предпочтение отдается методам, определяющим непосредственно структурные параметры.

Все методы диагностирования можно разделить на 4 группы:

– по назначению: *функциональные*, предназначенные для измерения параметров состояния, характеризующих функциональные свойства составных частей и агрегатов, и *ресурсные*, предназначенные для определения остаточного ресурса диагностируемых узлов и агрегатов машин;

– по способу измерения параметров: *органолептические* (субъективные), проводимые с помощью органов чувств (осмотр, ослушивание, ощупывание, запах), и *инструментальные* (объективные), осуществляемые с помощью контрольно-измерительных приборов и диагностических средств;

– по характеру измерения параметров: *прямые* (непосредственное измерение) и *косвенные*.

Прямые методы основаны на измерении структурных параметров технического состояния непосредственно прямым измерением: зазор в подшипниках; прогиб ремней и цепей; размеры деталей и т. д. Косвенные методы основаны на определении структурных параметров технического состояния агрегатов машин по косвенным (диагностическим) параметрам без разборки механизмов. Измеряют непосредственно физические величины, характеризующие техническое состояние механизмов, систем и агрегатов машин. Диагностирование производится по параметрам:

а) переходных процессов, где используется информация неустановившихся режимов работы (например, определение мощности двигателя по величине ускорения при его свободном разгоне и др.);

б) сопутствующих процессов, которые косвенно характеризуют техническое состояние машины (например, износ цилиндро-поршневой группы – по прорыву газов в картер двигателя).

По физическому принципу или процессу различают следующие методы диагностирования:

а) *энергетические*, которые основаны на измерении таких физических величин, как сила, мощность, крутящий момент. Например, измерение затрат на преодоление сил трения в механизмах позволяет оценить техническое состояние трансмиссии, подшипников, рулевого управления, регулировку тормозов и др.;

б) *пневмогидравлические*, основанные на измерении давления, разряжения и утечек жидкостей, воздуха и газов. Например, по давлению масла в системе смазки двигателя определяют общее со-

стояние масляного насоса, фильтров, шатунных и коренных подшипников коленвала двигателя;

в) *тепловые*, основанные на определении теплового состояния механизмов и систем. Они дают представление о работоспособности систем охлаждения и смазки двигателя, наличии смазки в картерах и др.;

г) *виброакустические*, которые позволяют по анализу шума и вибрации, возникающих при работе механизмов, распознавать техническое состояние машин по исходной информации. Разнообразная физическая природа вибрации и ее широкий частотный диапазон позволяют диагностировать подшипники, зубчатые передачи, цилиндро-поршневую группу, кривошипно-шатунный механизм и др.;

д) *спектрографические*, которые позволяют по анализу проб отработанных масел определять наличие различных металлов в продуктах износа. Зная состав деталей машины, по количеству продуктов износа в масле судят об интенсивности их изнашивания;

е) *магнитоэлектрические*, основанные на регистрации изменяющегося магнитного потока в предварительно намагниченных деталях при их перемещении. Они позволяют регистрировать перемещения, отклонения параметров от номинальных значений и др.;

ж) *оптические*, позволяющие путем проверки состояния сопряжений и установочных размеров определить установку управляемых колес, привод тормозов, сцепления, нарушения регулировок и др.

В настоящее время широкое распространение находит для этих целей стекловолоконная оптика, позволяющая обследовать состояние деталей в закрытых полостях, например камерах сгорания, цилиндрах, картерах, баках и т. п.

1.4.4. Технология диагностирования тракторов и сложных сельскохозяйственных машин

Технология диагностирования тракторов и сложных сельскохозяйственных машин определяется задачей, назначением и местом технического диагностирования.

На *заводе-изготовителе* диагностированием контролируют качество агрегатов и машин в целом, определяют качество сборки, обкатки агрегатов, соответствие показателей работы машины, основных и регулировочных параметров техническим требованиям. Контроль обычно осуществляют по обобщенным параметрам технического

состояния (например, по двигателю измеряют мощность, удельный расход топлива, общий уровень вибрации), а также по качественным признакам состояния.

На *ремонтном предприятии* диагностированием предварительно определяют ресурсные параметры агрегатов и узлов с целью установления объемов ремонтных операций. Это относится к сопряжениям «гильза–поршень», «подшипник–шейка коленвала» и т. п.

После проведения ремонта диагностированием оценивают его качество. При этом обычно контролируют параметры и качественные признаки состояния, как и на заводах-изготовителях после сборки и обкатки машин. Отличие заключается в том, что на ремонтном предприятии при диагностировании допускаемые значения параметров в основном менее жесткие, чем на заводе-изготовителе.

При *эксплуатации* тракторов и сельскохозяйственных машин механизатор контролирует их состояние преимущественно по встроенным приборам – манометру, термометру и тахометру. В последнее время в машинах все большее распространение получают сигнализаторы для визуальной, а в некоторых случаях и для звуковой сигнализации о техническом состоянии агрегатов машин и их технологической регулировке (красная лампочка загорается при низком давлении масла в системе смазки, красная полоса – в сигнализаторе засоренности воздухоочистителя двигателя, звуковой сигнал раздается при переполненном бункере зерноуборочного комбайна и т. п.).

Наряду с оценкой состояния по встроенным приборам и сигнализаторам механизатор в процессе работы обращает внимание на качественные признаки состояния машины: появление постороннего шума, чрезвычайной вибрации, течи масла и охлаждающей жидкости, специфического запаха, изменение цвета отработанных газов и т. п.

При *техническом обслуживании на сельскохозяйственных предприятиях* диагностированием определяют функциональные и выходные параметры технического состояния машины. Чем сложнее ТО, тем больше параметров и качественных признаков состояния машины контролируют. При небольшом количестве машин на сельскохозяйственном предприятии, например менее 30 единиц тракторов, при ТО-3 следует вызвать передвижную диагностическую установку или отправить трактор на станцию технического обслуживания тракторов (СТОТ) райагросервиса, особенно если у него обнаружена серьезная неисправность. При этом в технологии диагностирования

применяют менее жесткие допускаемые значения параметров, чем на ремонтном предприятии.

При *ТО машин на СТОТ или станции технического обслуживания автомобилей (СТОА)* практически контролируют при определенном ТО такие же параметры и качественные признаки, как и на сельскохозяйственном предприятии. Отличие заключается в том, что СТОТ и СТОА применяют более производительные и точные средства диагностирования: стенды, автоматизированные системы диагностирования и т. п.

При *хранении* в основном контролируют диагностированием небольшое число параметров, характеризующих качество хранения: отсутствие коррозии рабочих и окрашенных поверхностей, герметичность агрегатов, плотность электролита.

В качестве базовых диагностических средств применяют малогабаритные электронные диагностические приборы, автоматизированные установки и системы, мотор-тестеры, выполненные на единых базовых элементах и общих принципах измерения диагностических параметров.

Последовательность и взаимосвязь технологий диагностирования машин на всех этапах осуществляются на единых принципах технологических процессов с учетом использования предшествующих результатов диагностирования: 1) установка трактора на пост; 2) получение данных о тракторе (опрос, осмотр); 3) ввод в программу диагностических параметров (начального диагностирования); 4) установка переходных устройств и измерительных преобразователей на объект диагностирования; 5) пуск дизеля и контроль измерительных преобразователей и системы ДИПС («деталь–инструмент–приспособление–станок»); 6) контроль показателей работы дизеля динамическим методом по параметрам разгона и вибрационным методом; 7) контроль температуры охлаждающей жидкости, картерного масла, масла в гидросистеме, эффективной номинальной, максимальной и минимальной мощности; 8) контроль электрооборудования электрическим методом; 9) контроль ЦПГ вибрационным методом и методом измерения расхода газа; 10) контроль КШМ вибрационным методом; 11) контроль газораспределения вибрационным методом; 12) контроль топливоподающей системы вибрационным и магнитоэлектрическим методами; 13) контроль гидропривода коробки передач (КП),

рулевого управления (РУ), навесного орудия методом измерения датчиками силы; 14) контроль КП вибрационным, температурным и индукционным методами; 15) контроль мостов вибрационным методом; 16) контроль механизма безопасности движения методом перемещений и визуальным осмотром; 17) выдача заключения по результатам диагностики.

Технология диагностирования состоит из трех частей:

– *подготовительные операции*: очистка, мойка, установка машины на пост диагностирования, снятие защитных щитков, подготовка диагностических средств к работе, внешний осмотр и занесение его результатов в контрольно-диагностическую карту, монтаж переходных устройств и измерительных преобразователей на составные части машины;

– операции диагностирования машины: *обязательное диагностирование* по обобщенным базовым параметрам и *дополнительное диагностирование* – по потребности в зависимости от результатов обязательного диагностирования.

При диагностировании машин автоматизированными диагностическими средствами заняты два специалиста – оператор и мастер-диагност. Для уменьшения времени диагностирования обеспечивают равномерную их загрузку в процессе путем правильного распределения обязанностей. Необходимым условием является высокая квалификация.

Оператор и мастер-диагност начинают работу вместе, но каждый из них выполняет строго определенную часть операции. Включив систему в сеть, оператор проводит внешний осмотр, фиксирует результаты осмотра в диагностической карте с помощью выносного пульта управления, а также устанавливает часть датчиков. Мастер-диагност в это время устанавливает переходные устройства и датчики. Закончив внешний осмотр трактора, установив переходные устройства и датчики, оператор занимает свое рабочее место у пульта управления системой, а мастер-диагност – в кабине трактора.

В период разогрева двигателя возможно одновременное выполнение ряда диагностических операций: выявление качественных признаков состояния диагностируемого трактора (например, работоспособность контрольно-измерительных приборов, течь масла, охлаждающей жидкости, топлива, операции проверки пневмосистемы и т. д.).

Особенности технологий технического обслуживания и диагностирования импортной техники в сравнении с отечественными машинами

В основном особенности технологий определяются:

– организацией работ по техническому обслуживанию и ремонту в соответствии с планово-предупредительной системой (с диагностированием машин);

– широким использованием в конструкции машин бортовой системы диагностирования, различных электронных систем, блоков управления и датчиков, электро- и гидроуправляемых исполнительных механизмов;

– организацией системы технического сервиса с четким разграничением полномочий технических служб по проведению операций ТО и ремонта;

– применением современных диагностических средств и электронной сервисной информации при выполнении работ по ТО и диагностированию.

Анализ информации бортовой системы диагностирования. Процесс диагностирования машины, в т. ч. оборудованной электронными системами, начинают, как правило, с анализа кода неисправности и визуального осмотра датчиков, исполнительных механизмов, соединительной проводки и самих электронных блоков, оценки их температурного состояния или заключения о неисправности на основе логического мышления: двигатель не развивает полной мощности, плохой пуск, нарушение функционирования рабочих органов, системы климат-контроля кабины и т. д.

При поиске неисправностей и диагностировании сервисные мастера должны хорошо знать устройство машины. Например, в тракторах Favorit 824 фирмы Fendt в систему CAN-BUS объединены система управления двигателем EDC, система управления передней подвеской K-BUS, система управления коробки передач G-BUS и система управления BOM M-BUS (рис. 1.16). Без четкого понимания функций каждого электронного блока управления (ЭБУ) разобраться в причине отказа и установить правильный диагноз невозможно.

Опрос бортовой системы диагностирования можно проанализировать на примере комбайна «Джон Дир» серии 9000, обладающего

одной из наиболее совершенных систем бортового диагностирования. При этом используют угловую панель Commandtouch, расположенную на передней правой стойке кабины.

При активировании системы вывода информации бортовой системы диагностирования на дисплее появляется соответствующая надпись с предложением выбрать электронный блок для опроса его памяти. Тип выбранного блока фиксируется во второй строчке информационного дисплея. На данных моделях комбайна установлено семь электронных блоков управления, и каждый имеет свой адрес: A00 – управление двигателем; C00 – блок управления в подлокотнике; CO3 – угловая панель управления; E00 – главный датчик недомолота; E01 – блок управления жаткой; E02 – правый блок управления; E03 – левый блок управления; ALL – все блоки управления.

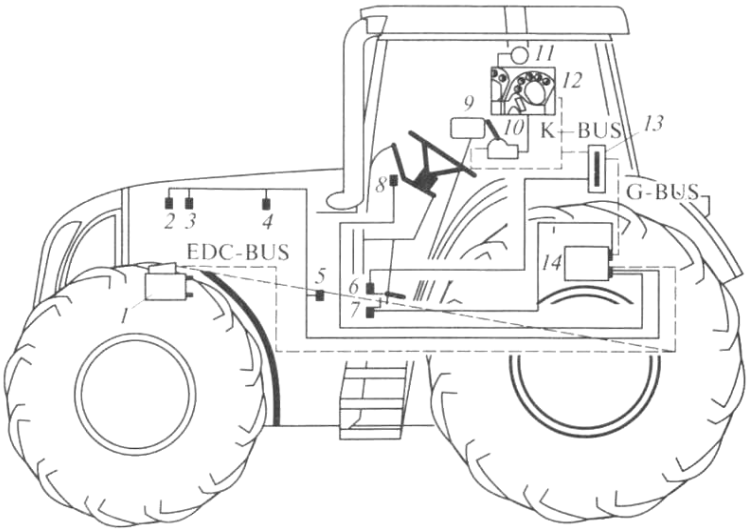


Рис. 1.16. Расположение элементов систем управления двигателем на тракторе Fendt Favorit 824:
1 – топливный насос высокого давления (ТНВД);
2–3 – датчики наддува; *4* – датчик температуры охлаждающей жидкости;
5 – датчик частоты вращения; *6–7* – датчики положения педали подачи топлива;
8 – замок зажигания; *9* – дисплей; *10* – рычаг положения передачи; *11* – ручной газ;
12 – панель управления; *13* – электронный блок комфорта;
14 – блок управления двигателем

После выбора блока нажатием на клавиши со стрелками «вверх» и «вниз» осуществляют доступ к датчику контроля неисправностей (ДКН). Если ошибка в опрашиваемом блоке не была зафиксирована, на дисплей выводится надпись *non Code*; если неисправность имела место – высвечивается ДКН. Расшифровка основных ДКН приведена в руководстве по эксплуатации машины; более подробная информация, включающая алгоритмы устранения неисправности, как правило, предоставляется исключительно дилерам фирмы-изготовителя.

После чтения кодов неисправности память бортовой системы диагностирования должна быть очищена, для чего предусмотрена специальная функция. Если неисправность не устранена, то удалять соответствующий ей ДКН не будут. Для полной проверки всех систем рекомендуют завести двигатель комбайна, после чего еще раз провести чтение ДКН.

Каждый ДКН имеет свой *статус приоритета*, который позволяет бортовой системе диагностирования в процессе работы комбайна сигнализировать об ошибке, а при необходимости заблокировать работу агрегата или машины в целом.

При возникновении ошибки, имеющей статус приоритета 1, дисплей угловой приборной панели переходит в режим постоянного отображения ДКН, подается звуковая и световая сигнализация. Это указывает на наличие неисправности, требующей остановки комбайна и немедленного включения двигателя. Соответствующий ДКН будет оставаться на панели до устранения неисправности. Для исключения работы машины с указанной неисправностью многие тракторы и комбайны снабжаются автоматической системой выключения двигателя. Например, при достижении предельных значений давления масла и температуры двигателя и трансмиссии ЭБУ отключает подачу питания на соленоид – выключатель подачи топлива ТНВД. Система остановки двигателя приводится одновременно с указателем Stop engine. Двигатель остановится спустя 30 с после приведения в действие указателя остановки двигателя.

Если у ДКН статус приоритета 2, на дисплее загорается индикаторная лампочка, что указывает на наличие неисправности, требующей немедленной проверки.

При статусе приоритета 3 ДКН будут сохранены в памяти ЭБУ, но оператор не получит никакого сигнала.

Аналогичную систему идентификации ДКН имеют мобильные машины других производителей. Например, в системе бортового

диагностирования тракторов Favorit 816-824 фирмы Fendt ДКН также состоит из трех частей, разделенных точкой.

Код неисправности 4.1.07: 4 – место неисправности – реверсирование; 1 – степень неисправности – средняя неисправность; 07 – распознавание неисправности – электромагнитный клапан.

Местонахождение неисправности: 0 – агрегаты и узлы, выведенные на индикацию панели приборов; 4 – направление движения; 5 – передний мост, блокировка дифференциала, коробка передач; 6 – задний вал отбора мощности; 7 – передний вал отбора мощности.

Степень неисправности: 0 – тяжелая; 1 – средняя; 2 – легкая; 3 – очень легкая.

Тяжелая неисправность означает отказ, при котором невозможно обеспечить надежную работу двигателя. Работа двигателя блокируется. При инициализации *средней* неисправности двигатель работает только на повышенной частоте холостого хода, обеспечивая тем самым функционирование наиболее важных систем. При обнаружении *легкой* неисправности система диагностирования ограничивает мощность двигателя и информирует оператора об ошибке. *Очень легкая* неисправность не вызывает отклонений в работе, т. к. при этом сигналы с неисправных датчиков снимаются с дублирующих или принимаются ЭБУ по умолчанию согласно заложенной программе.

Несмотря на положительные стороны встроенной бортовой системы диагностирования, ее информации недостаточно для квалифицированного поиска неисправностей и их устранения. В процессе наладки сложных электронных систем требуется не только информация об ошибках, но и фактические значения сигналов, поступающих с различных датчиков, следящих и исполнительных механизмов. Для активного общения с электронными системами управления мобильных машин необходимо подключение внешнего диагностического прибора: сканера, системного тестера или МТ. Как правило, процесс диагностирования начинается с выбора и изучения информации по обслуживаемой машине.

Установка информационного обеспечения и подключение внешних систем технического диагностирования. Выбор модели производится по ее эксплуатационным признакам: виду, марке, серии, типу и характеристике двигателя. Можно задать дополнительные критерии поиска, например год выпуска, рабочий объем, мощность силовой установки.

Рассмотрим установку информационного обеспечения машины с использованием универсальной программы ESItronic, разработанной фирмой Bosch. Последовательность выбора данных для диагностирования блока управления двигателем зерноуборочного комбайна Case 2366 следующая. Информация для проведения диагностирования системы излагается в документации по ТО или указаниях для конкретной модели диагностируемой машины. Эти сведения можно получить также из электронной сервисной информации.

После идентификации модели можно (в зависимости от допуска, предоставленного производителем) перейти непосредственно к интересующему разделу: каталогу запасных частей, диагностической программе, библиотеке электрических схем, нормам времени на ремонт и т. д.

Допуск к разделам программы предоставляется по вводу пароля, соответствующего идентификационному коду предприятия, или установкой защищенного от перезаписи компакт-диска. Существуют варианты, где компакт-диски оформлены по виду или модели техники; может быть оформление по тематике разделов сервисной информации.

После изучения инструкции следует произвести работы по подключению диагностического прибора к обслуживаемой машине с помощью адаптерного блока OBD, универсального адаптерного провода или мультиплексора CARB.

В случае отсутствия специального адаптерного провода допускается воспользоваться для адаптации подходящим испытательным проводом. Если при этом адаптируется неправильный вывод, связь не будет установлена. Ввиду сложности функционирования системы и взаимосвязи различных систем между собой диагностирование некоторых систем может быть проведено только при выполнении условий, определяемых соответствующей системой.

Так, например, для одной системы управления двигателем необходимо, чтобы двигатель работал, а для другой, наоборот, условием для установления связи является нерабочее состояние двигателя. При диагностировании тормозных систем (ABS, ABS/ASR, ABS/ABD, ESP) в процессе адаптации частота вращения колес обычно не должна превышать определенной величины, равной 10 км/ч, а в некоторых случаях даже 0 км/ч. В то же время после установ-

ления связи машину можно перемещать и вращать колеса от руки или на тормозном стенде, при этом связь не будет разрываться.

В ряде случаев при установке дополнительного оборудования (например, магнитолы) тестер не распознает никаких электронных систем. В этом случае диагностирование невозможно, поэтому для устранения этой проблемы приходится временно отключать конфликтующее оборудование.

После выбора конкретной модели машины и входа в диагностическую программу предлагается выбрать необходимые для сканирования ЭБУ из имеющихся систем управления на данной модели. По умолчанию программа определяет все доступные для обмена информацией ЭБУ. На данном этапе предусмотрены различные подпрограммы, облегчающие диагностирование. Например, выбор диагностического протокола связи (ISO, CAN, SAE) (клавиша F7), просмотр информации об особенностях модели и расположения диагностического разъема (клавиша F4), пошаговый переход непосредственно к конкретному электронному блоку (клавиша F3).

1.5. Содержание и технология технического обслуживания тракторов, сельскохозяйственных машин и автомобилей

Виды, периодичность технического обслуживания тракторов, самоходных шасси и сельскохозяйственных машин на предприятиях и в организациях агропромышленного комплекса и основные требования к их проведению были установлены ГОСТ 20793–2009 «Тракторы и машины сельскохозяйственные, техническое обслуживание», а также ГОСТ 7751–2009 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения».

Виды, периодичность и условия проведения технического обслуживания тракторов, универсальных энергетических средств и сельскохозяйственных машин приведены в табл. 1.8–1.10. Допустимое отклонение фактической периодичности (в зависимости от условий эксплуатации) ТО-1 и ТО-2 – до 10 %, а ТО-3 – до 5 % от установленной.

ГОСТ позволяет также указывать периодичность ТО тракторов по количеству израсходованного топлива в литрах (л) или по наработке в условных эталонных гектарах (эт. га).

Таблица 1.8

Виды и периодичность ТО тракторов

Вид ТО	Периодичность или условия проведения
ТО при эксплуатационной обкатке (ТО-0)	При подготовке к обкатке, при ее проведении и после ее окончания
Ежесменное ТО (ЕТО)	Через 8–10 ч работы трактора
Первое ТО (ТО-1)	125 мото-ч
Второе ТО (ТО-2)	500 мото-ч
Третье ТО (ТО-3)	1000 мото-ч
Сезонное ТО при переходе к весенне-летнему периоду эксплуатации (ТО-ВЛ)	При установившейся температуре воздуха выше 5 °С
Сезонное ТО при переходе к осенне-зимнему периоду эксплуатации (ТО-ОЗ)	При установившейся температуре воздуха ниже 5 °С
ТО в особых условиях эксплуатации	При эксплуатации трактора в условиях пустыни, высокогорья, низких температур, на песчаных, каменистых и болотистых почвах
ТО при подготовке к длительному хранению	Не позднее 10 дней с момента окончания периода использования
ТО в процессе длительного хранения	Один раз в месяц при хранении на открытых площадках и под навесами. Один раз в два месяца при хранении в закрытых помещениях
ТО при снятии с длительного хранения	За 15 дней до начала использования

Широкое применение в Беларуси нашли универсальные энергетические средства (УЭС). Виды и периодичность их технического обслуживания приведены в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Виды и периодичность ТО УЭС

Вид ТО	Периодичность, мото-ч, или условия проведения
ТО при эксплуатационной обкатке (при подготовке к ней, при ее проведении и после ее окончания)	Перед началом эксплуатации нового УЭС

Окончание таблицы 1.9

Вид ТО	Периодичность, мото-ч, или условия проведения
Ежесменное ТО (ЕТО)	10
Первое ТО (ТО-1)	60
Второе ТО (ТО-2)	240
Третье ТО (ТО-3)	960
Сезонное ТО при переходе к весенне-летнему периоду эксплуатации (ТО-ВЛ)	Аналогично тракторам (см. табл. 1.8)
Сезонное ТО при переходе к осенне-зимнему периоду эксплуатации (ТО-ОЗ)	
ТО в особых условиях эксплуатации (песчаных, каменистых и болотистых почв, пустыни, низких температур и высокогорья)	
ТО при хранении	

Для самоходных, прицепных и стационарных машин в зависимости от конструктивного исполнения (электродвигатель вместо двигателя внутреннего сгорания (ДВС)) количество видов ТО может быть уменьшено.

Для комбайнов, самоходных, прицепных и стационарных машин ТО-2 выполняют в том случае, если наработку за сезон ожидают более 300 мото-ч. При меньшей наработке ТО-2 совмещают с подготовкой машины к хранению.

Таблица 1.10

Виды и периодичность ТО сельскохозяйственных машин

Вид ТО	Периодичность или условия проведения
ТО при эксплуатационной обкатке (ТО-0)	При подготовке к обкатке, при ее проведении и после ее окончания
Ежесменное ТО (ЕТО)	Через 8–10 ч работы (вместе с трактором)
Первое ТО (ТО-1)	60 мото-ч – комбайны и сложные самоходные машины. 60 ч работы под нагрузкой – несамоходные и стационарные машины

Окончание таблицы 1.10

Вид ТО	Периодичность или условия проведения
Второе ТО (ТО-2)	240 мото-ч – комбайны и сложные самоходные машины. 240 ч работы под нагрузкой – несамоходные и стационарные машины.
Плановый ТР	После окончания сезона работ
ТО при хранении (при подготовке, в процессе хранения и при снятии с хранения)	Аналогично тракторам (см. табл. 1.8)
ТО перед началом сезона работы для машин сезонного использования (ТО-Э)	За 15 дней до начала сезона работы

Периодичность ТО комбайнов и других машин допускается указывать в физических единицах (гектар, килограмм, тонна или метр кубический) выработанной продукции. В зависимости от условий эксплуатации допускается отклонение фактической периодичности ТО-1 и ТО-2 до ±10 % от установленной величины.

Техническое обслуживание автомобилей, используемых в сельском хозяйстве, проводят в соответствии с Положением о техническом обслуживании подвижного состава автомобильного транспорта, используемого в сельском хозяйстве. Виды и периодичность ТО для дорожных условий категории III приведены в табл. 1.11.

При работе подвижного состава в условиях, отличающихся от категории III условий эксплуатации, проводят корректировку указанных нормативов с помощью поправочных коэффициентов (табл. 1.12). Характеристика дорожных условий приведена в табл. 1.13.

Таблица 1.11

Виды и периодичность ТО автомобилей

Вид ТО	Периодичность ТО, км пробега, или условия проведения
ТО при эксплуатационной обкатке (ТО-0)	При подготовке к обкатке, при ее проведении и после ее окончания
Ежедневное ТО (ЕТО)	Раз в смену перед выездом на линию

Окончание таблицы 1.11

Вид ТО	Периодичность ТО, км пробега, или условия проведения
Первое ТО (ТО-1):	
– легковые автомобили	3200
– автобусы	2800
– грузовые автомобили и автобусы на их базе	2500
Второе ТО (ТО-2):	
– легковые автомобили	12 800
– автобусы	11 200
– грузовые автомобили	10 000
Сезонное (ТО-ВЛ, ТО-ОЗ)	Два раза в год (перед началом весенне-летнего и осенне-зимнего периодов эксплуатации)

Примечание. Периодичность ТО некоторых автомобилей может отличаться от указанных.

Таблица 1.12

Коэффициенты изменения периодичности и трудоемкости ТО автомобилей в зависимости от дорожных условий

Поправочные коэффициенты	Категория дорожных условий эксплуатации				
	I	II	III	IV	V
К периодичности ТО	1,25	1,12	1,00	0,88	0,75
К нормативам трудоемкости ТО	0,83	0,89	1,00	1,15	1,33

Таблица 1.13

Характеристика категорий дорожных условий эксплуатации автомобилей

Категория	Характеристика дорог
I	Автодороги с цементно-бетонным и асфальтобетонным покрытием
II	Автодороги с битумно-минеральным, щебеночным, гравийным и мазуто-бетонным покрытием
III	Автодороги с твердым покрытием и грунтовые дороги, обработанные вяжущими материалами
IV	Грунтовые дороги, укрепленные или улучшенные местными материалами
V	Обычные грунтовые дороги в естественном состоянии

1.5.1. Теоретические основы и технология эксплуатационной обкатки

После изготовления или ремонта поступающие в эксплуатацию машины должны пройти *эксплуатационную обкатку* в целях приработки трущихся поверхностей деталей и создания условий минимальной скорости изнашивания. Такая скорость изнашивания определяется наличием в процессе работы стабильной прочной масляной пленки на поверхности трения при жидкостном или гидродинамическом режиме трения. Этот режим характеризуется коэффициентом трения (отношение силы трения к нагрузке, направленной по нормали к поверхности касания), равным 0,002–0,010. При полужидкостном режиме смазывания коэффициент трения увеличивается до 0,01–0,20, при граничном – до 0,005–0,400.

Неприработанные детали обычно отличаются непараллельностью поверхности трения, значительной волнистостью, шероховатостью, микронеровностями, недостаточной площадью контакта. В результате в процессе работы появляются большие удельные нагрузки, вызывающие повышенные механические потери, увеличение коэффициента трения, температуры деталей, уменьшение вязкости смазочного материала, а значит, и снижение толщины масляной пленки. Это может привести к полужидкостному, граничному режиму смазывания и даже к работе деталей с несмазанными поверхностями. В результате наблюдаются задиры и значительный приработочный износ до конца приработки поверхностей трения.

В процессе правильной эксплуатационной обкатки в течение 30–60 ч (заводскую обкатку машин проводят после сборки на заводе-изготовителе или на ремонтном предприятии) поверхности трения становятся параллельными, постепенно уменьшаются их волнистость, шероховатость, высота микронеровностей, увеличивается площадь контакта. В результате резко уменьшаются механические потери, снижается коэффициент трения, стабилизируются нормальная температура, вязкость и толщина масляной пленки. Таким образом, детали после эксплуатационной обкатки начинают работать в благоприятных стабильных условиях.

Правильная приработка отличается достижением стабилизированных условий работы деталей при малом приработочном их износе. В случае, если стабилизированные условия работы появились после большого приработочного износа, ресурс деталей и сопряжений

значительно сокращается. Это особенно заметно на перекомплектованных при обезличенном ремонте соединениях, ресурс которых в результате послеремонтной приработки обычно сокращается на 20 % и более. Приработочный износ деталей после обезличенного ремонта увеличивается, как правило, в 1,5–2,0 раза.

В целях достижения стабилизированных условий работы деталей при небольшом приработочном их износе в процессе эксплуатационной обкатки придерживаются основного принципа: обеспечение постепенного возрастания нагрузок – тяговых, скоростных, температурных и т. п.

Например, при эксплуатационной обкатке трактора вначале работают на нем без нагрузки в течение 1,5–2,0 ч, затем с 25%-й – 4,5–6,0 ч, с 50%-й – 9–12 ч, с 75%-й – 15–20 ч. При каждой нагрузке трактор работает на различных передачах.

Во время обкатки особенно внимательно следят за работой двигателя, состоянием температурного режима работы систем, показаниями контрольных приборов. Периодически прослушивают и осматривают двигатель, трансмиссию, ходовую систему и др.

Нагрузку создают путем агрегатирования трактора боронами, культиваторами, сеялками и другими машинами, не требующими больших тяговых усилий. После обкатки трактора проводят соответствующее ТО.

Порядок обкатки, режимы и их продолжительность указывают в инструкциях по эксплуатации машин.

Техническое обслуживание тракторов при эксплуатационной обкатке и их использовании

При *подготовке* к эксплуатационной обкатке трактора должны быть выполнены следующие операции: осмотр и очистка от пыли и грязи; удаление консервационной смазки; осмотр и подготовка к работе аккумуляторной батареи (АКБ); проверка уровня масла в составных частях и при необходимости дозаправка; смазка через пресс-масленки составных частей; проверка и при необходимости подтяжка наружных резьбовых и других соединений; проверка и при необходимости регулировка: натяжения ремней (привода вентилятора, генератора, компрессора), механизмов управления, натяжения гусениц цепей, давления воздуха в шинах; заправка охлаждающей жидкостью и топливом; прослушивание двигателя; визуальная проверка показаний контрольных приборов на соответствие установленным нормам.

При *проведении* эксплуатационной обкатки трактора следует выполнить: очистку от пыли и грязи; проверку внешним осмотром на отсутствие течи масла, топлива и электролита, при необходимости устранив подтекания; проверку уровней охлаждающей жидкости в радиаторе и масла в поддоне картера двигателя, при необходимости долив до заданного уровня; проверку работоспособности двигателя, рулевого управления, системы освещения и сигнализации, стеклоочистителей и тормозов; через три смены дополнительную проверку и при необходимости регулировку натяжения ремней привода вентилятора и генератора.

По *окончании* эксплуатационной обкатки визуально осматривают и очищают трактор; проверяют и при необходимости регулируют: натяжение приводных ремней, давление воздуха в шинах, зазоры в клапанах механизма газораспределения, муфту сцепления, механизмы управления и тормоза; проводят ТО воздухоочистителей, проверяют и при необходимости восстанавливают герметичность воздухоочистителей и подтягивают наружные крепления составных частей, в т. ч. головки цилиндров двигателя; проверяют аккумуляторную батарею (АКБ); сливают отстой из фильтров грубой очистки топлива, сливают масло, скопившееся в тормозных отсеках заднего моста, конденсат из воздушных баллонов; очищают центробежный маслоочиститель; промывают фильтры гидросистем; смазывают составные части трактора согласно таблице и схеме смазки; заменяют масло в двигателе и его составных частях, трансмиссии, предварительно промыв систему смазки при неработающем двигателе; осматривают и прослушивают в работе составные части трактора.

Обнаруженные неисправности должны быть устранены, в техническом паспорте выполнена запись «Эксплуатационная обкатка проведена в соответствии с требованиями заводской инструкции». Ставится подпись исполнителя и печать предприятия.

При *ежесменном техническом обслуживании (ЕТО)* выполняют следующие операции: очищают трактор от пыли и грязи; проверяют внешним осмотром отсутствие течи топлива, масла, охлаждающей жидкости и электролита, при необходимости устраняют неисправности; проверяют уровни масла в картере двигателя, охлаждающей жидкости в радиаторе и при необходимости доливают; проверяют

осмотром и прослушиванием работоспособность двигателя, рулевого управления, систем освещения, сигнализации, стеклоочистителя и тормозов.

При *первом техническом обслуживании (ТО-1)* выполняют операции ЕТО и дополнительно: проверяют и при необходимости регулируют натяжение приводных ремней и давление воздуха в шинах; проверяют работоспособность двигателя и продолжительность его пуска, давления масла в масляной магистрали; проверяют засоренность и герметичность соединений воздухоочистителей, продолжительность вращения ротора центрифуги после остановки двигателя; проводят ТО воздухоочистителя в соответствии с инструкцией; проверяют аккумуляторы и при необходимости очищают их поверхности, клеммы, наконечники проводов, вентиляционные отверстия в пробках, доливают дистиллированную воду; сливают отстой из фильтра грубой очистки топлива, масло, скопившееся в тормозных отсеках заднего моста, конденсат из воздушных баллонов; смазывают клеммы и наконечники проводов; проверяют уровни масла в составных частях трактора (согласно таблице и карте смазки), доливают до необходимого уровня и проводят смазку согласно схеме.

При *втором техническом обслуживании (ТО-2)* выполняют операции ТО-1 и дополнительно: проверяют и при необходимости регулируют зазоры в клапанах газораспределительного механизма, муфту сцепления двигателя и привода ВОМ, муфты управления поворотом, тормозную систему колесных тракторов, сходимость направляющих колес, механизм рулевого колеса, подшипники шкворней поворотных кулаков переднего моста, карданную передачу, осевой зазор подшипников направляющих колес, натяжение гусениц, свободный ход рычагов и педалей управления, усилие на рулевом колесе, рычагах и педалях; очищают дренажные отверстия генераторов; промывают систему смазки двигателя; заменяют масло и смазывают составные части трактора согласно таблице смазки, очищают центрифугу, проверяют наружные резьбовые и другие соединения.

При *третьем техническом обслуживании (ТО-3)* выполняют операции ТО-2 и дополнительно: проверяют и при необходимости регулируют форсунки на давление впрыска и качество распыла топлива, угол начала подачи топлива, зазоры между электродами свечи, контактами прерывателя магнето, муфту сцепления пуско-

вого двигателя, подшипники направляющих колес и опорных катков гусеничного трактора, конечных передач, осевое перемещение кареток подвески, зацепление «червяк–сектор», «сектор–гайка гидроусилителя руля», агрегаты гидравлической системы, стояночный тормоз, пневматическую систему, подшипники промежуточной опоры карданной передачи; очищают и промывают фильтр-отстойник бака пускового двигателя, карбюратор, топливоподводящий штуцер, крышку и фильтр бака основного и пускового двигателей; проверяют износ шин или гусениц, шаг и профиль зубьев ведущих звездочек, пускового двигателя, техническое состояние цилиндро-поршневой группы (ЦПГ), кривошипно-шатунного механизма (КШМ), механизма газораспределения и распределительных шестерен, систему охлаждения, работу всережимного регулятора; проверяют работу реле-регулятора, состояние проводки, работу контрольных приборов; заменяют фильтрующие элементы фильтров тонкой очистки топлива, промывают систему охлаждения двигателя; проверяют мощность и часовой расход топлива двигателя; проверяют в движении работоспособность механизмов трактора.

При *сезонном техническом обслуживании ТО-ОЗ* (переход к осенне-зимнему периоду) выполняют следующие операции: заправляют систему охлаждения жидкостью с низкой температурой замерзания; включают индивидуальный подогреватель и устанавливают утеплительные чехлы; заменяют масло и топливо летних сортов на зимнее; отключают радиатор системы смазки; регулируют винт реле-регулятора и ставят в положение «З» (зима); плотность электролита в АКБ доводят до нормы; проверяют работу средств облегчения пуска дизеля, герметичность системы охлаждения, продолжительность пуска дизеля, зарядный ток генератора, напряжение и ток срабатывания реле-регулятора, целостность изоляции, работоспособность системы обогрева кабины.

При *сезонном техническом обслуживании ТО-ВЛ* (переход к эксплуатации в весенне-летних условиях) необходимо: снять утеплительные чехлы; включить масляный радиатор; отключить индивидуальный подогреватель; установить винт реле-регулятора в положение «Л» (лето); плотность электролита довести до нормы; удалить накипь из системы охлаждения; дозаправить систему питания дизеля топливом летнего сорта; проверить работу всех систем трактора (двигателя).

1.5.2. Техническое обслуживание тракторов в особых условиях эксплуатации

При эксплуатации тракторов в особых условиях (песчаные, каменистые и болотистые почвы, пустыни, низкие температуры, высокогорье) техническое обслуживание проводят с учетом ряда дополнительных требований.

При ТО тракторов *в условиях пустыни и песчаных почв* дизель заправляют маслом и топливом только закрытым способом; через каждые три смены масло в поддоне воздухоочистителя заменяют, центральную трубу воздухоочистителя проверяют и в случае необходимости очищают при каждом ТО-1; через каждые три смены проверяют уровень электролита и при необходимости доливают дистиллированную воду в аккумуляторы; при ТО-1 проверяют качество масла в дизеле и натяжение гусениц и при необходимости заменяют масло; при ТО-2 промывают фильтр пробки бака для топлива.

При ТО тракторов *при низких температурах*: при температуре окружающей среды ниже 0 °С применяют зимнее дизельное топливо марки З-20.ДЗ, а ниже –30 °С – арктическое марки А и специальные сорта масел и смазок, рекомендуемые заводом-изготовителем; в конце смены баки полностью заправляют топливом; конденсат из воздушных баллонов пневмосистемы сливают; систему охлаждения заправляют жидкостью, не замерзающей при низких температурах воздуха.

При ТО тракторов, работающих *на каменистом грунте*, ежесменно визуально проверяют отсутствие повреждений ходовой системы и защитных устройств трактора, а также крепление сливных пробок картеров дизеля, заднего и переднего мостов, бортовых редукторов, ведущих колес; обнаруженные неисправности устраняют.

При ТО тракторов, эксплуатируемых *в высокогорных условиях*, изменяют цикловую подачу топлива и производительность насоса системы питания двигателя в соответствии со средней высотой расположения местности над уровнем моря.

При ТО тракторов, работающих *на болотистых почвах*, ежесменно проверяют и при необходимости очищают от грязи наружную поверхность систем охлаждения и смазки; при работе в лесу трактор очищают от порубочных остатков; после преодоления водных препятствий или заболоченных участков местности проверяют наличие воды в агрегатах трансмиссии и ходовой системы, при обнаружении в картерах воды заменяют масло.

1.5.3. Технология технического обслуживания тракторов и сельскохозяйственных машин

Под *технологией технического обслуживания* понимают совокупность различных операций, выполняемых в определенной последовательности, обеспечивающих исправность и работоспособность машин. Технологию ТО обычно представляют технологическими картами, в которых изложен процесс ТО, указаны необходимые операции, материалы, инструмент, приспособления, приборы и оборудование для выполнения операций, а также режимы и технические требования на их выполнение.

Кроме того, в технологических картах приводят квалификацию исполнителей, среднюю трудоемкость выполнения отдельных операций или трудоемкость определенного вида ТО машины в целом.

Каждая технологическая карта технического обслуживания содержит все операции для полного выполнения определенной работы: моечно-очистительной, контрольно-диагностической, регулировочной, смазочно-заправочной и т. п.

Каждый вид ТО обусловлен определенной номенклатурой технологической карты. По мере увеличения номера периодического ТО эта номенклатура увеличивается.

Операция, изложенная в технологических картах, и работы по каждой технологической карте выполняют в строгой последовательности, обеспечивающей высокое качество результатов труда и полную загрузку исполнителей.

В основу технологии ТО тракторов и сельскохозяйственных машин положены следующие параметры: проведение ТО и ремонта машин в таком объеме, в котором это необходимо по их техническому состоянию в целях предупреждения неисправностей и обеспечения минимума отказов до очередного ТО; разделение и специализация труда, обеспечивающие повышение производительности и качества работ; определенная последовательность выполнения работ при ТО; механизация и автоматизация работ на основе разделения и специализации труда; совершенствование управления процессом ТО.

Использование и развитие этих параметров – фундамент ресурсосберегающей политики, основные рычаги технического прогресса в области ТО и ремонта машин.

Опыт передовых предприятий, где техническое обслуживание машин проводят на достаточно высоком уровне, показывает, что

затраты на ремонт и ТО уменьшаются на 17 %–20 %, мощность двигателя становится больше на 8 %–20 %, а расход топлива – меньше на 7 %–12 % по сравнению с теми же параметрами на сельскохозяйственных предприятиях, где не налажено регулярное техническое обслуживание.

В последнее время на дизельных автомобилях зарубежного производства применяют дизельную топливную аппаратуру системы Common Rail, которая позволяет производить впрыск топлива при давлении 120–170 МПа. При этом улучшаются распыление и полнота сгорания топлива, а следовательно, и экономические и экологические показатели двигателей.

Влияние неисправностей на потери топлива представлено в табл. 1.14.

Таблица 1.14

Влияние неисправностей двигателей на потери топлива

Неисправность	Потери топлива, %	Примерные потери топлива, кг					
		«Беларус-800/820»		«Беларус-1221»		«Беларус-3022»	
		кг/ч	кг/год	кг/ч	кг/год	кг/ч	кг/год
Неисправность одной форсунки	15–20	1,9–2,5	2000	2,8–3,8	3300	5,2–7,0	6100
Несвоевременное обслуживание воздухоочистителя	3–6	0,4–0,8	800	0,6–0,9	750	1,0–1,7	1350
Сильное засорение воздухоочистителя	до 15	1,9	1900	2,8	2800	5,2	5200
Уменьшение угла опережения топлива	5 %/град.	0,7	700	0,9	900	1,7	1700
Износ обратного клапана топливного насоса	до 31	3,9	3900	5,8	5800	10,8	10 800

Окончание таблицы 1.14

Неисправность	Потери топлива, %	Примерные потери топлива, кг					
		«Беларус-800/820»		«Беларус-1221»		«Беларус-3022»	
		кг/ч	кг/год	кг/ч	кг/год	кг/ч	кг/год
Снижение температуры охлаждающей жидкости с 85 °С до 45 °С	6–7 (дизели), 15–20 (карбюраторы)	0,9 –	900 –	1,1–1,3 –	1200 –	2,3 –	2300 –
Нарушение тепловых зазоров в клапанах двигателей	4–9	0,5–1,1	1000	0,7–1,7	1200	1,4–3,1	2250
Износ плунжерных пар топливного насоса	15–20	1,9–2,5	2000	2,8–3,3	3300	5,2–7,0	6100
Дымность двигателя:							
– черный или серо-коричневый дым	30–35	3,7–4,4	4000	5,6–6,6	6100	10,4–12,2	11 300
– белый дым (наличие воды)	30–40	3,7–5,0	4800	5,6–7,5	6550	10,4–13,9	12 150
– синий дым (угар масла)	5–8	0,6–1,0	800	0,9–1,5	1200	1,7–2,8	2250
Накипь на стенках системы охлаждения	8 %/ 1 мм накипи	1,0–2,0	1500	1,9–3,8	2250	2,8–5,6	4200

Техническое обслуживание сельскохозяйственных машин. Содержание ТО сельскохозяйственных машин при подготовке и проведении эксплуатационной обкатки аналогично содержанию ЕТО. Содержание ТО после окончания обкатки аналогично содержанию ТО-1.

При *ЕТО сельскохозяйственных машин* выполняют следующие операции: очищают от пыли и грязи, растительных остатков наружные поверхности машин и их рабочие органы; промывают и очищают внутренние полости машин от остатков пестицидов, удобрений, агрессивных жидкостей; осмотром проверяют комплектность машин, техническое состояние составных частей, крепление механизмов и ограждений, отсутствие течи в соединениях и уплотнениях масла, топлива, охлаждающих, рабочих и технологических жидкостей, исправное состояние механизмов управления, тормозной системы, освещения, сигнализации, правильность регулировки рабочих органов; проверяют уровень рабочих и охлаждающих жидкостей и доводят до нормы; производят необходимые регулировки, смазку узлов в соответствии со схемой смазки.

При *первом техническом обслуживании (ТО-1)* выполняют операции ЕТО и дополнительно: очищают и промывают фильтры и отстойники масла, топлива и других жидкостей; очищают клеммы аккумуляторных батарей, наконечники проводов и других элементов электрооборудования; проверяют натяжение цепей и ремней в передачах; проверяют состояние двигателей, герметичность их воздухоочистителей; проверяют давление воздуха в шинах, состояние составных частей и рабочих органов.

При *втором техническом обслуживании (ТО-2)* выполняют операции ТО-1 и дополнительно: при необходимости заменяют масло в соответствующих картерах и емкостях; проверяют уровень и плотность электролита в аккумуляторах и при необходимости подзаряжают их; регулируют рабочие органы и сложные составные части машин с частичной их разборкой и диагностированием.

1.6. Материально-техническая база диагностирования и технического обслуживания машин

Материально-техническая база ТО и диагностирования, под которой чаще понимают ремонтно-обслуживающую базу (РОБ) (рис. 1.17), имеет три уровня: РОБ предприятия, РОБ на районном уровне, РОБ на областном и республиканском уровнях.

РОБ предприятия включает центральный комплекс, а на крупных сельскохозяйственных предприятиях в отдельных бригадах создают стационарные пункты ТО машин (ПТО).

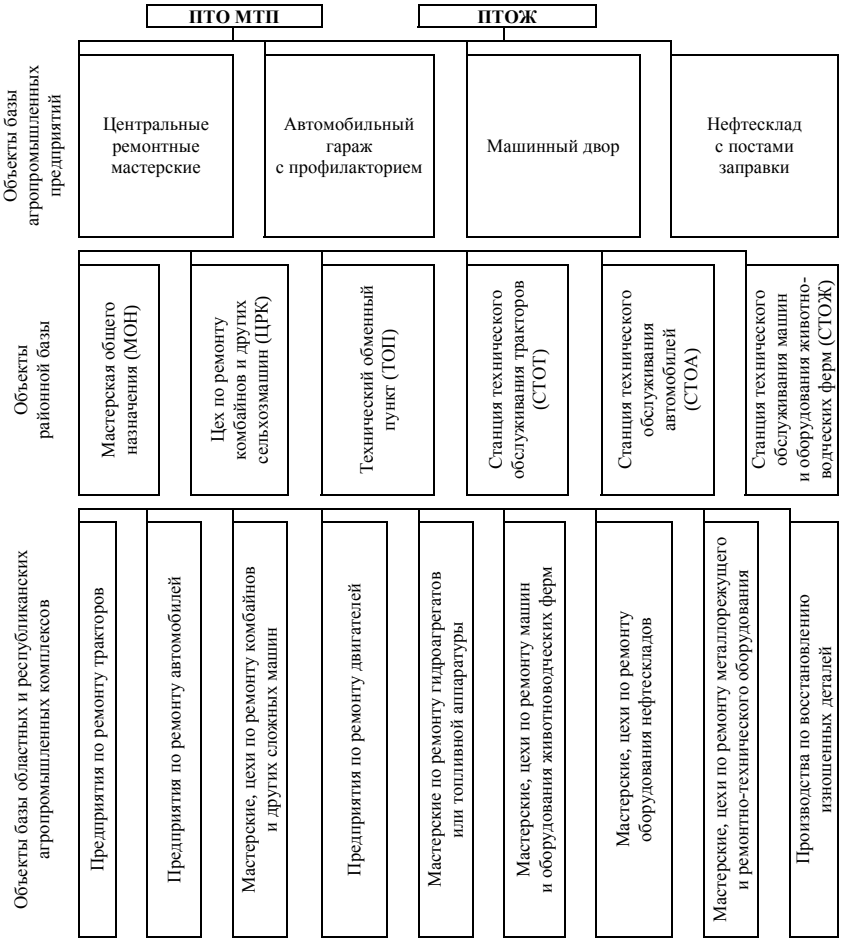


Рис. 1.17. Ремонтно-обслуживающая база

Центральный комплекс включает постройки, сооружения и передвижные средства для выполнения всех видов ТО и ремонта (кроме капитального) и разделен на секторы:

– ТО и ремонта сельскохозяйственной техники;

– длительного хранения машин (машинный двор);

– межсменной стоянки машин и ТО автомобилей;

– хранения и выдачи нефтепродуктов.

Существуют типовые проекты на 25, 50, 75, 100, 150, 200 тракторов.

ПТО в бригадах включает: мастерскую, мойку, пост заправки ТСМ, площадки для хранения машин, навес для регулировки сельскохозяйственных машин, источники тепло-, водо-, электроснабжения. Существуют типовые проекты на 20, 30 и 40 тракторов.

РОБ на районном уровне (РРОП) имеет ремонтную мастерскую общего назначения (МОН), станции ТО тракторов (СТОТ), ТО автомобилей (СТОА), ТО машин и оборудования животноводческих ферм (СТОЖ), передвижные средства ТО и ремонта.

РОБ на областном и республиканском уровнях включает заводы, специализированные мастерские и цехи.

1.6.1. Анализ методов и средств диагностирования

Анализ наиболее распространенных современных методов диагностирования показывает, что каждый из них имеет как достоинства, так и недостатки. Рассмотрим некоторые методы.

Статопараметрический метод широко используют в Беларуси и за рубежом. Основан на измерении давления и подачи или расхода рабочей жидкости и позволяет оценивать объемный коэффициент полезного действия. С его помощью определяют величину структурного параметра и экономическую целесообразность дальнейшей эксплуатации диагностируемого объекта. Однако для подключения датчиков к сборочным единицам необходимо разъединять трубопроводы и рукава.

Метод амплитудно-фазовых характеристик реализуется с использованием встроенных или накладных датчиков и базируется на анализе волновых процессов изменения давления в напорной магистрали при нагружении рабочего органа и в сливной магистрали при дросселировании рабочей жидкости. Метод широко используют для общей оценки работоспособности объекта с высокой степенью жесткости в нагнетательной магистрали и локализации неисправности.

Временной метод основан на измерении параметров движения объекта или его рабочего органа в условиях нормированных режимов нагружения. Широко используют при оценке работоспособности гидропривода в целом. Так, время подъема ковша погрузчика от минимального до максимального значения при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя характеризует работоспособность гидравлической системы привода рабочего оборудования,

а продолжительность перемещения управляемых колес из одного крайнего положения в другое – работоспособность гидропривода рулевого управления. К достоинствам метода относят возможность использования простых средств измерения, не требующих установки датчиков, однако трудно обеспечить требуемую точность из-за сложности повторения необходимого режима.

Силовой метод основан на определении диагностических параметров через усилия на рабочем органе, движителе или крюке. К достоинствам данного метода относят оценку работоспособности объекта в целом на режимах, приближенных к реальным, но для его реализации требуются специальные нагрузочные стенды.

Метод переходных характеристик базируется на анализе явлений, протекающих при неустановившихся режимах работы. Этот метод широко используют для проверки герметичности пневмо- и гидросистем. Создают необходимое давление и при отключении подачи воздуха или рабочей жидкости оценивают по времени падения давления в диагностируемой части системы работоспособность соответствующих элементов.

Этот метод перспективен при оценке технического состояния гидропривода на основании характера волновых процессов, протекающих в системе при перекрытии потока рабочей жидкости. Метод обладает высокой информативностью и может быть реализован с помощью накладных и встроенных датчиков. Однако расшифровка волновых диаграмм – сложная задача, которая требует дорогого оборудования.

Виброакустический метод основан на анализе параметров вибраций и акустических шумов. Работа любой сборочной единицы сопровождается виброударными процессами и (или) акустическими шумами. Например, в сопряжениях плунжерных пар топливных насосов высокого давления, клапанов форсунок, газораспределительного механизма и гидропривода, подшипников кривошипно-шатунного механизма в процессе эксплуатации нарушаются запроектированные кинематические связи между деталями, вследствие чего характер вибрации и шума изменяется. Это свойство используют при диагностировании объекта. Сигналы, исходящие от работающих механизмов, носят импульсный характер, а их амплитуда достаточно точно характеризует состояние кинематической пары. При виброакустиче-

ском методе контроля большое значение имеет правильный выбор первичных преобразователей. Пьезоэлектрические датчики с учетом применения компьютерных технологий дают хорошие результаты. Этот метод перспективен, обладает высокой информативностью. Однако отделение полезных сигналов от помех, создаваемых различными сопряжениями контролируемой системы, затруднено.

Тепловой метод основан на оценке распределения температуры на поверхностях сборочных единиц, а также разности температур рабочей жидкости на входе и выходе. Характерные точки выбирают исходя из конструктивных особенностей элементов и расположения в них областей генерации теплоты. Метод универсальный и может быть реализован при помощи накладных, встроенных и дистанционных датчиков. Однако измерение разности температур поверхности элемента с приемлемой для практики точностью, трудоемкостью и продолжительностью возможно только при использовании специальных высокочувствительных датчиков с линейной и стабильной характеристикой. Кроме того, для сокращения продолжительности и повышения точности измерения они должны иметь как можно меньшую площадь и массу, что позволяет не искажать тепловое поле поверхности.

Метод анализа состояния топливно-смазочной и рабочей жидкостей основан на определении их свойств и состава вредных примесей. В связи с низкой трудоемкостью, высокой информативностью и возможностью вести обработку взятых проб в лабораторных условиях метод перспективен, но существуют определенные трудности в выявлении неисправных элементов. При работе любой сборочной единицы происходит изнашивание поверхностей сопрягаемых деталей. Интенсивность изнашивания оценивают количеством частиц металла в жидкости. Зная химический состав трущихся деталей, можно проследить за динамикой потери их работоспособности.

Радиационный метод основан на ослаблении интенсивности излучения, проходящего через объект диагностирования. Этот метод предполагает наличие источника ионизирующего излучения и детектора, регистрирующего диагностируемую информацию. Он позволяет получать достоверную информацию об изнашивании отдельных деталей или о наличии в них дефектов, однако требует значительных материальных средств и специализированного оборудования.

Электрический метод заключается в непосредственных замерах электрических параметров (мощности, силы тока, напряжения, сопротивления и др.). Этот метод широко используют при оценке работоспособности электрических приводов и машин. Имеет много разновидностей в зависимости от характера взаимодействия физических полей, первичного информационного параметра и способов его получения.

Нефелометрический метод сравнивает интенсивность двух световых потоков, рассеянных эталонной жидкостью, не содержащей загрязнений, и жидкостью того же типа, взятой из емкости работающего объекта. Интенсивность рассеянного света пропорциональна концентрации частиц в жидкости и зависит от их оптических свойств, углов падения и рассеивания света. Анализ рабочих жидкостей непосредственно в потоке позволяют осуществлять приборы, действие которых основано на определении с помощью фотоэлектрического датчика числа и размеров частиц, проходящих вместе с жидкостью через калиброванную щель, которая имеет по бокам прозрачные окна. При проходе каждой частицы загрязнений происходит частичное затемнение фотодиода, в результате на выходе схемы образуется импульс, амплитуда которого соответствует размеру частицы.

В сельском хозяйстве Беларуси используют передвижные, стационарные и переносные комплекты контрольно-диагностических средств.

Большинство существующих диагностических средств по отношению к объекту диагностирования являются внешними: механические (гидравлические, пневматические) внешние устройства и приборы, чаще всего автономные. В будущем ожидается все более широкое применение имеющихся встроенных измерительных преобразователей (ИП) с первичной и контрольно-управляющей аппаратурой.

На рис. 1.18 дана классификация средств диагностирования, а в табл. 1.16 приведена классификация преобразователей по принципу действия и области использования, которые применяют в современных диагностических устройствах.

Диагностирование машин предполагает измерение и анализ некоторых физических величин, являющихся диагностическими параметрами. Для преобразования измеряемой физической величины в другую, удобную для использования в последующих элементах системы диагностики, используют датчики.



Рис. 1.18. Классификация средств

Таблица 1.16

Классификация первичных преобразователей
по принципу действия и области использования

Измеряемая величина	Типы первичных преобразователей																
	неэлектрические			параметрические										генераторные			
	механические	манометрические		емкостные	фотоэлектрические	преобразователи сопротивления			электромагнитные					пьезоэлектрические	термопары	фотогальванические	с эффектом Холла
		пневматические	гидравлические			резистивные	терморезисторные	тензометрические	индуктивные	магниторезисторные	магнитоупругие	трансформаторные	индукционные				
Перемещение	+	+	+	+	+	+		+	+	+		+			+		+
Скорость	+	+	+	+	+				+				+				+
Ускорение	+							+	+				+	+			
Давление	+	+	+	+		+		+	+					+			+
Сила	+	+	+	+		+		+	+		+			+			
Момент			+	+		+		+	+								
Деформация								+									
Температура	+	+	+				+				+						
Расход		+	+			+			+			+					
Вибрация						+		+	+					+			
Влажность				+			+										
Освещение					+											+	

Примечание: под эффектом Холла понимают принцип действия преобразователя, у которого под действием силы тока и магнитной индукции, векторы которых взаимно перпендикулярны, на обкладках преобразователя возникает электродвижущая сила Холла. Ее величина зависит от длины и толщины датчика, силы тока, коэффициента Холла и магнитной индукции. Такие преобразователи используют в основном в датчиках перемещения и положения, а также для измерения давления.

Датчик – конструктивно законченное устройство, состоящее из чувствительного элемента и первичного преобразователя. В случае, если в датчике не происходит преобразование сигналов, он включает только чувствительный элемент. В зависимости от типа первичного преобразователя датчики подразделяют на неэлектрические и электрические (параметрические (пассивные) и генераторные (активные)).

Параметрические датчики преобразуют входное воздействие в изменение внутреннего параметра первичного преобразователя – сопротивления, емкости, индуктивности и др. Наличие постороннего источника энергии является обязательным условием работы параметрического датчика.

Генераторные датчики сами генерируют ЭДС при воздействии входной величины. К ним можно отнести термопары, индукционные, пьезоэлектрические и другие датчики.

Различные типы первичных преобразователей используют в датчиках различных физических величин.

Основными характеристиками датчиков являются:

– *чувствительность* (отношение приращения выходной величины к вызвавшему его приращению входной);

– *порог чувствительности* (минимальное значение входного сигнала, которое можно обнаружить с помощью данного датчика);

– *предел измерения* (максимальное значение входного сигнала, которое может быть воспринято датчиком без искажения и повреждения).

Разность между пределом измерения и порогом чувствительности составляет *динамический диапазон измерения*.

При выборе того или иного типа датчика для измерения некоторой физической величины важно учитывать тип первичного преобразователя, его свойства. Например, при измерении индикаторного давления в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания целесообразно использовать датчик давления медленно протекающих процессов. Пьезоэлектрический первичный преобразователь, наоборот, менее подходит, т. к. с течением времени заряд на чувствительном элементе растекается.

Развитие электронных диагностических средств определяет уровень разработки эффективных безразборных диагностических методов, наличие преобразователей механических величин в электрические сигналы (датчиков) (табл. 1.17), степень взаимной приспособленности диагностируемых объектов и измерительных устройств.

Таблица 1.17

Наименование, внешний вид, назначение
и краткая техническая характеристика основных датчиков

Наименование	Назначение и краткая техническая характеристика
Датчик частоты вращения двигателя	Предназначен для определения частоты вращения коленчатого вала и его точного положения. Информацию с датчика используют в блоке управления системой впрыска дизеля для определения угла опережения впрыска и цикловой подачи топлива. При отсутствии сигнала этого датчика работа двигателя невозможна
Датчик положения распредвала	Датчик служит для определения положения распределительного вала. Сигнал датчика используют для определения фазы в первом цилиндре двигателя при пуске. При прекращении подачи сигнала с этого датчика двигатель продолжает работать. При этом блок управления системой впрыска дизеля использует сигналы датчика частоты вращения коленчатого вала. Однако пуск двигателя после его остановки невозможен
Датчик массового расхода воздуха	Сигнал датчика используют в блоке управления системой впрыска дизеля при расчете дозы впрыскиваемого топлива. При отсутствии сигнала измерителя массового расхода воздуха блок управления системой впрыска дизеля рассчитывает дозу впрыскиваемого топлива исходя из определенного постоянного значения расхода воздуха на цикл
Датчик температуры охлаждающей жидкости	Предназначен для передачи сигнала соответствующей текущей температуры охлаждающей жидкости на вход блока управления. Температура охлаждающей жидкости учитывается в блоке управления системой впрыска дизеля в качестве корректирующей величины при расчете дозы впрыскиваемого топлива. При отсутствии сигнала блок управления системой впрыска дизеля производит расчеты исходя из заменяющей его постоянной величины

Продолжение таблицы 1.17

Наименование	Назначение и краткая техническая характеристика
Датчик положения педали акселератора с датчиком перехода на холостой ход	По сигналу датчика блок управления системой впрыска дизеля определяет положение педали акселератора, важнейшей из величин, используемых при расчете подачи топлива. Датчик перехода на холостой ход подает сигнал на блок управления о начале перемещения педали акселератора. При отсутствии сигнала датчика блок управления системой впрыска дизеля не может определить положение педали акселератора. При этом двигатель переводится на режим холостого хода с повышенной частотой вращения. Водителю предоставляется возможность доехать таким образом до мастерской
Датчик давления топлива	Датчик служит для измерения давления топлива в контуре высокого давления аккумулятора системы впрыска дизеля. Сигнал используется в блоке управления системой впрыска в качестве одной из величин, влияющих на регулирование давления топлива в аккумуляторе. При отсутствии сигнала датчика работа двигателя невозможна
Датчик давления во впускном трубопроводе	Предназначен для измерения текущего давления воздуха во впускном трубопроводе. Сигнал датчика используют в блоке управления системой впрыска дизеля для регулирования давления наддува. При его неисправности процесс регулирования давления наддува прекращается, а мощность двигателя ограничивается
Датчик температуры воздуха во впускном трубопроводе	Датчик измеряет температуру поступающего в двигатель воздуха. Сигнал датчика используют в блоке управления двигателем в качестве величины, по которой корректируется давление наддува.

Окончание таблицы 1.17

Наименование	Назначение и краткая техническая характеристика
	При этом учитывается влияние температуры на плотность наддувочного воздуха. При отсутствии сигнала происходит снижение мощности двигателя
Высотный датчик	Используется для измерения атмосферного давления в каждый момент времени для коррекции давления наддува. При отсутствии сигнала двигатель на большой высоте склонен к дымлению

1.6.2. Внешние, механические и электронные диагностические средства

Несмотря на большое разнообразие диагностических средств (см. рис. 1.18), все они могут быть разделены на две большие группы – встроенные и внешние, хотя это разделение условно.

Так, тракторы, автомобили и самоходные машины предыдущих модификаций оснащались простейшими диагностическими средствами. К ним относились штатные манометры, термометры, тахометры, спидометры, контрольные лампочки, мотосчетчики, указатели степени засоренности фильтра воздухоочистителя и т. п. По показаниям этих приборов, а также, например, по цвету выхлопных газов под различной нагрузкой тракторист, водитель или представитель инженерной службы мог судить приблизительно о техническом состоянии соответствующих систем.

В настоящее время на машинах устанавливают терминал электронного типа или системы контроля расхода топлива (СКРТ), включающие датчики уровня и расхода топлива, работающие в штатном режиме.

Накопленные в терминале данные могут использоваться тремя способами:

– считывание из терминала в персональный компьютер через кабель;

– считывание данных из терминала в персональный компьютер по радиоканалу;

– просмотр показаний счетчиков на терминале.

Датчики СКРТ измеряют такие параметры, как общий и часовой расходы топлива, объем топлива в баке, обороты двигателя, скорость

движения, напряжение бортовой сети, запас хода, запас времени работы и координаты на местности (при наличии GPS-приемника).

Под ***внешними*** диагностическими средствами понимают устройства, предназначенные для оценки технического состояния одной или нескольких систем машины или ее агрегатов в отдельности. Они бывают стационарными, передвижными или мобильными (на базе автомобилей). По техническим возможностям каждое устройство из приведенных типов отличается возможным количеством диагностируемых систем и областью применения. Например, переносные и мобильные технические средства могут быть использованы как в полевых условиях, так и на пунктах и станциях технического обслуживания и диагностики. Стационарные же диагностические средства применяют только в стационарных условиях.

Внешние диагностические устройства используют только тогда, когда необходимо диагностирование одной или нескольких систем или агрегатов машины. Например, для оценки технического состояния рядного топливного насоса высокого давления непосредственно на тракторе комплект для диагностики включает приборы простейшего типа: манометры низкого и высокого давления, моментоскоп, максиметр, эталонную форсунку или механический прибор для определения технического состояния форсунок без снятия их с двигателя.

Более качественная оценка технического состояния этого насоса может быть осуществлена на современном стационарном стенде для испытания и регулировки топливных насосов высокого давления типа ДД 10-4, который в своем составе имеет электронные блоки.

Общим *недостатком* внешних диагностических средств является ограниченность контролируемых систем машины. Увеличение числа контролируемых систем и агрегатов приводит к необходимости размещения большого количества приборов, например на автомобиле. Кроме этого, даже широкая номенклатура таких приборов не позволяла качественно продиагностировать машину в целом.

1.6.3. Встроенные средства диагностирования

Встроенные (бортовые) системы технического диагностирования (СТД) включают в себя входящие в конструкцию машины датчики, устройства измерения, микропроцессоры и устройства отображения диагностической информации.

Внешние СТД, не входящие в конструкцию машины, в зависимости от их устройства и технологического назначения могут быть *стационарными* или *переносными*. Существует множество фирм – производителей внешних СТД машин, оборудованных бортовой системой диагностирования: Bosch, AVL, Snap-ON, Bear, Alen, MATCO, SunElectric, Vetronix и др.

Технические средства диагностирования могут включать в себя в различных комбинациях следующие основные элементы:

– датчики, воспринимающие диагностические параметры и преобразующие их в сигнал, удобный для обработки или непосредственного использования;

– устройства, позволяющие считывать данные с блоков управления машиной, двигателем, рабочими органами и агрегатами;

– измерительные устройства и модули;

– устройства, задающие контрольные тесты или тестовый режим;

– кабели-адаптеры и переходники;

– компьютеры с соответствующим программным обеспечением;

– устройства отображения результатов (стрелочные и цифровые индикаторы, дисплей, монитор или экран осциллографа, принтер).

Как правило, одной диагностической установкой диагностируется и определяется работоспособность сразу нескольких систем машины. Внешние диагностические устройства по функциональным возможностям можно условно разделить на три группы (табл. 1.18).

Таблица 1.18

Классификация технических средств диагностирования машин, оборудованных бортовой системой диагностирования

Средство диагностирования, составные элементы	Основные функции и возможности
Сканер (сканер, кабель-адаптер, набор картриджей по вариантам ЭБУ)	Считывание из памяти ЭБУ системных данных и кодов неисправностей; сброс кодов неисправностей; считывание фактических значений с ЭБУ и датчиков; диагностирование исполнительных механизмов; тест системы по запрограммированному ЭБУ плану; корректировка параметров и перепрограммирование ЭБУ

Окончание таблицы 1.18

Средство диагностирования, составные элементы	Основные функции и возможности
Системный тестер (блок системного тестера, набор кабелей-адаптеров, компьютер, программное обеспечение)	Все функции сканера; функция мультиметра; развертка по времени текущих измеряемых величин на экране; дополнительные сведения по базе данных компьютера; сохранение и вывод данных
Мотор-тестер (блок мотор-тестера, набор кабелей-адаптеров, блок системного тестера, измерительные модули, компьютер, программное обеспечение)	Все функции системного тестера; функции осциллографа; проведение тестовых испытаний по собственной программе с последующим расчетом; измерение неэлектрических сигналов с последующим цифрованием и обработкой; анализ состава отработавших газов

Сканер является современным многофункциональным диагностическим прибором, который используют для выявления и устранения неисправностей электронной системы управления, исполнительных механизмов и датчиков путем доступа к внутрисистемной информации ЭБУ. Другие диагностические средства имеют доступ только к внешним входным и выходным сигналам различных устройств автомобиля.

Сканер через специальный диагностический разъем (колодку) по K-линии или CAN-шине подключается и обменивается информацией с ЭБУ (контроллером) и имеет возможность получать информацию от датчиков.

Методика проведения диагностических воздействий и номенклатура определяемых параметров могут быть различны в зависимости от модели ЭБУ и соответствующего ему картриджа. Наиболее широко эти приборы применяют при диагностировании двигателей с электронным управлением.

В более развернутом виде к основным функциям сканера можно отнести:

– считывание памяти неисправностей и сброс ошибок: можно считывать, сбрасывать и выводить на дисплее обычным текстом неисправности, выявленные во время работы собственной системой диагностирования машины и зафиксированные в памяти;

– считывание фактических значений: можно считывать как физические величины действительных значений, так и значения, которые рассчитывает блок управления работой дизеля (угол опережения впрыскивания топлива, цикловая подача, частота вращения коленчатого вала двигателя (в мин$^{-1}$) и др.);

– диагностирование исполнительного механизма: можно управлять электрическим прибором (актюатором) для проверки функционирования (запуск сигналов-имитаторов с памяти ЭБУ на исполнительный механизм);

– тест двигателя: можно запускать запрограммированные в ЭБУ двигателя проверочные прогоны для испытания системы управления работой дизеля или самого дизеля (пуск-прогрев двигателя, разгонной динамики, прокрутки двигателя, режим отключения цилиндров и др.);

– корректировку параметров и программирование: можно перепрограммировать блок управления регулятором частоты вращения коленчатого вала (внесение коррекций в параметры опережения впрыска и топливоподачи для их соответствия реальным условиям эксплуатации, модернизация версии программного обеспечения и др.).

Сканер позволяет осуществить считывание кодов неисправностей в контроллере, а также стереть их без отключения аккумуляторной батареи от бортовой сети машины. После считывания кодов неисправностей можно просмотреть их описания в инструкции по эксплуатации или другой технической документации. При неисправности контроллера или повреждении в соединительных диагностических кабелях проведение диагностирования сканером невозможно.

Одной из наиболее полезных возможностей сканера является запись данных в его электронную память во время испытаний. По возвращении после испытаний эти данные могут быть выведены на дисплей для анализа. Фирмы-производители сканеров называют эти записи снимками, файлограммами, событиями. Воспроизведение записей в замедленном темпе позволяет тщательно проанализировать работу датчиков и исполнительных механизмов.

Сканер обеспечивает быстрый доступ к потоку различных цифровых параметров в электронных системах машин. Располагая набором программных картриджей и соединительных кабелей, можно использовать один и тот же универсальный сканер при работе с машинами разных производителей.

Сканер портативен, его можно использовать и во время испытаний. Получение текущей информации во время испытаний машины под нагрузкой облегчает обнаружение перемежающихся неисправностей.

С помощью сканера можно проверять некоторые функции управления, выполняемые ЭБУ, т. к. имеется возможность управлять через ЭБУ некоторыми исполнительными механизмами. В стандартном исполнении сканер позволяет провести проверку форсунок, регулировку оборотов холостого хода, включение и выключение систем машин и т. д. Полный состав операций зависит от типа сканера и ЭБУ машины и определяется разработчиком диагностической системы.

Возможности сканеров ограничены. Диагностирование машины осуществляет не сканер, а человек – оператор отдела технического контроля или диагност. Чтобы правильно интерпретировать информацию, полученную со сканера, необходимо хорошо понимать работу узлов машины и суть диагностических процедур. Следует также иметь в виду, что сканер может выдавать аварийные значения параметров как штатные, т. к. не на всех моделях автомобилей полный объем данных из ЭБУ доступен сканеру.

Сканер проверяет входные и выходные параметры электрических цепей и информирует оператора об их значениях. Таким образом, сканер лишь фиксирует наличие или отсутствие неисправностей в каком-либо узле, но не позволяет определять причины неисправности, которых может быть много для одних и тех же значений контролируемых параметров.

Информация, переданная сканеру, соответствует отражению реальной текущей ситуации в ЭБУ, но может претерпевать изменения из-за перехода с помощью ЭБУ на аварийные значения параметров при неисправностях в электрических цепях, в самом ЭБУ, из-за плохого соединения с «массой». Эти значения и будут считаны сканером как нормальные. Требуется хорошее понимание работы узлов машины, чтобы суметь отличить фактическое (штатное) значение параметра от синтезированного компьютером ЭБУ.

Если изменения характеристик машины при работе не соответствуют показаниям сканера, следует использовать другое диагностическое оборудование. Сканеры малополезны при поиске неисправностей в узлах машины, не контролируемых ЭБУ. Это длинный перечень механических и электрических неисправностей: уменьшение компрессии в цилиндрах, неисправности в системе электроснабжения,

в топливной системе, в средствах измерения токсичности и очистки отработавших газов и т. д. Перед применением сканера обычно проводят базовую проверку систем машины на наличие неисправностей, которые не определяются с помощью сканера.

В машине может быть не предусмотрена выдача диагностической информации или отсутствовать доступ к ней через диагностический разъем. В таких случаях следует пользоваться универсальным сканером, который имеет режимы работы мультиметра и осциллографа.

Сканер наиболее доступен по стоимости для индивидуальных пользователей машин, применяется на станциях, обслуживающих однотипные модели машин.

Системный тестер (или ***системный сканер***) – стационарный или портативный компьютерный тестер, предназначенный для диагностирования различных электронных систем управления посредством считывания цифровой информации по линии последовательного интерфейса диагностического разъема.

В системном тестере предусмотрены все функции сканера, но расширены его возможности (см. табл. 1.18):

– функция мультиметра: можно измерять силу тока, напряжение и сопротивление в режиме обычного мультиметра;

– развертка по времени: можно представить текущие измеряемые величины графически на экране монитора;

– дополнительные сведения: можно приложить к показанным неисправностям и соответствующим компонентам особые дополнительные сведения (инструкции, расположение и поверочные параметры агрегатов, электрические схемы и др.);

– сохранение и вывод данных: можно сохранять и выводить на печать все данные на стандартных принтерах персональных компьютеров (карта диагностирования, список фактических значений различных тестовых параметров и др.).

В отличие от сканера, системный тестер использует в несколько раз больше информации и данных по процессу диагностирования различных машин. Эта информация может периодически обновляться через инсталляцию с компакт-дисков производителей.

Диагностирование ЭБУ может начинаться с вызова руководства по поиску неисправностей системы информации сервиса и считывания из памяти неисправностей в блоке управления работой дизеля. Результаты диагностирования могут восприниматься непосредст-

венно системой электронной обработки в отделении ремонта сервисной станции для формирования базы данных.

Широкое применение на предприятиях автосервиса нашли системные тестеры фирмы Bosch серии KTS, которые позволяют провести качественное диагностирование двигателей большинства тракторов и комбайнов. Для диагностирования других специализированных узлов (гидравлических систем, трансмиссии, рабочего оборудования) чаще требуется дилерский системный тестер. Диагностирование указанных систем универсальным тестером, как правило, не удается из-за отсутствия доступа к данным завода-изготовителя, поэтому для предприятий технического сервиса зарубежных машин сельскохозяйственного назначения предпочтительнее использовать дилерскую систему.

Наиболее широкими возможностями обладают *специализированные системные тестеры*, используемые сервисной сетью того или иного производителя (например, системный тестер Advisor фирмы «Джон Дир»). Как правило, именно такие приборы используют дилеры зарубежных фирм-производителей тракторов и сельскохозяйственной техники. Главные недостатки таких тестеров – специализация на моделях одного производителя, высокая цена и возможность покупки только на дилерских условиях.

Мотор-тестер (МТ) – универсальный прибор, относящийся к «фундаментальным» средствам диагностирования и используемый для комплексного диагностирования машины, двигателя и его систем. Класс сложности и уровень комплектации мотор-тестера определяют его возможности быстрого и эффективного обнаружения неисправности.

Возможности мотор-тестера по сравнению с системным сканером (см. табл. 1.18) существенно дополнены. К ним относятся:

– одновременное измерение большого числа электрических сигналов в любых электрических цепях, включая высоковольтные, и отображение формы и характера изменения этих сигналов во времени в режиме осциллографа;

– проведение тестовых испытаний и расчетные функции. МТ может производить тестовые испытания двигателя или системы по собственной программе (сканер и системный тестер запускают тесты из памяти ЭБУ), т. е. МТ способен оказывать на систему испытательные воздействия и на основании анализа ее реакции делать вывод о со-

стоянии исполнительной механики. Примером такого расчета может быть баланс мощности, эффективность двигателя по цилиндрам;

– измерение неэлектрических сигналов, к которым следует отнести в первую очередь давление топлива, масла, воздуха и другие величины с преобразованием их из аналогового вида в цифровой;

– анализ состава отработавших газов.

Мотор-тестер выполняется, как правило, на базе персонального компьютера и может быть *стационарным*, *консольным* или *портативным*. В стойку МТ встраивают многокомпонентный газоанализатор, специальный модуль-анализатор двигателя, собирающий и обрабатывающий информацию с помощью целой группы тест-кабелей и датчиков, соединенных с поворотной консолью. При тестировании МТ производит сбор, обработку и вывод информации по результатам испытаний на разных режимах: прокрутка стартером, работа на нескольких скоростных режимах, режим резкого ускорения, режим баланса мощности (отключения цилиндров). По результатам тестирования можно получить информацию об относительной компрессии в цилиндрах, параметрах системы зажигания, стартерном токе, составе отработавших газов и др. В памяти ЭВМ имеются значения измеряемых параметров для большого числа машин различных производителей, поэтому выход параметра за пределы фиксируется и выводится оператору для анализа.

Наиболее востребованной функцией МТ является возможность имитировать сигналы различных датчиков (лямбда-зонд, расходомер воздуха, датчик температуры и др.) и за счет этого фактически отключать в процессе диагностирования подозрительные элементы системы. Это позволяет проверять работоспособность датчиков и качество электрических соединений без отключения их от машины и диагностировать неисправности, которые раньше приходилось локализовывать лишь методом пробной замены деталей.

Программное обеспечение МТ позволяет фиксировать сигналы в электронных и электрических автомобильных системах как функции тока или напряжения, проводить прямое сравнение измеренных сигналов с базами эталонных значений. В числе одной из последних разработанных функций МТ – физический тест прохождения сигнала по шине CAN. Принцип гибкого построения позволяет легко адаптировать МТ под вновь выпускаемую технику. Это осуществляется записью необходимой информации в память

системного блока, при этом аппаратная часть остается практически неизменной.

Компьютерная диагностическая система «Автомастер АМ-1» является наиболее современной из разработок РФ в этой области. Для диагностирования топливной аппаратуры комплекс оборудован газоанализатором (дымомером), стробоскопом, накидным пьезопленочным датчиком фирмы AVL. Характеристика давления топлива в линии нагнетания, получаемая при диагностировании и выведенная на экран монитора, может сравниваться с эталонными кривыми. В связи с конструктивными особенностями диагностируемых зарубежных систем топливоподачи иногда не удается подсоединиться к требуемой точке диагностирования.

Из зарубежных разработок можно отметить диагностические приборы фирмы Bosch FSA 740 и FSA 560 с однотипными функциями.

Стационарные компьютерные стенды анализа систем автомобилей FSA 740 и FSA 560 имеют встроенный сканер кодов ошибок ЭБУ, базу данных по автомобилям для сравнения показаний с заводскими параметрами, программу пошагового диагностирования двигателей с указанием порядка действий, генератор сигналов, позволяющий проверять датчики и соединения, не отключая их от автомобиля, осциллограф с частотой развертки до 50 МГц. Встроенная информационная система на жестких носителях содержит схемы, информацию об установке, диагностике узлов и систем для более 160 автомобильных систем и более 15 000 вариаций типов автомобилей. В процессе работы предусмотрены тестирование двигателя, включая анализ отработавших газов, сравнение измеренных значений с заводскими параметрами, считывание кодов ошибок и диагностирование электронных систем по симптомам ошибок.

Стенд FSA 740 позволяет диагностировать:

– бензиновые двигатели и дизели с числом цилиндров до 12;

– контактную и бесконтактную системы зажигания, а также системы зажигания с электронным управлением и с одно- и двухискровыми катушками зажигания;

– карбюратор, механические и электронные системы впрыска, лямбда-регулировку систем питания;

– электронную систему управления автоматической коробкой передач;

– электронную систему дизельного впрыска;
– электронные системы безопасности (ABS/ASR);
– прохождение сигнала по шине CAN.

Как и «Автомастер АМ-1», стенд FSA 740 может быть оборудован дополнительным накидным пьезопленочным датчиком для диагностирования систем топливоподачи дизелей, но, в отличие от первого, не содержит эталонных кривых для сравнения.

Мотор-тестеры относятся к наиболее дорогостоящим средствам технического диагностирования, и их применение наиболее эффективно на станциях технического сервиса, ориентированных на широкий спектр обслуживания машин и техники.

Подключение диагностического тестера к электронной системе машины производится через предусмотренный разработчиками диагностический разъем или путем введения универсальных адаптеров между элементами штепсельного разъема ЭБУ (рис. 1.19). Если производится проверка только конкретного устройства (например, ЭБУ топливного насоса или активной подвески), тестер подсоединяется непосредственно к штепсельному разъему агрегата через специальные адаптеры.

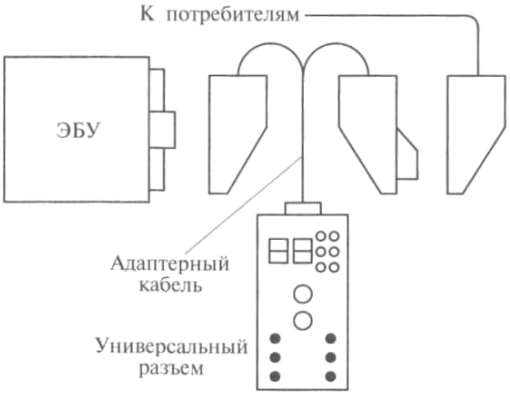


Рис. 1.19. Подключение диагностического прибора через диагностический разъем и адаптер

В мобильных машинах, имеющих несколько ЭБУ, диагностические разъемы могут быть установлены в различных местах, как правило – в кабине на панели приборов или под щитком, и снабжены

защитным колпачком. Допустимо устанавливать в транспортных средствах одного типа блоки управления разных изготовителей, для которых требуются разные диагностические программы.

Стандартный диагностический разъем для всех машин представляет собой трапециевидный штекер с *16* контактами (рис. 1.20).

Определенные контакты зарезервированы под диагностирование по различным протоколам: выводы *7* и *15* – для диагностирования по протоколу ISO; выводы *2* и *10* – по протоколу SAE; выводы *6* и *14* – по протоколу CAN; выводы *4, 5* и *16* – для подачи питания.

Зарезервированные контакты, как правило, замкнуты на систему управления двигателем, хотя иногда здесь же могут быть подключены и другие системы.

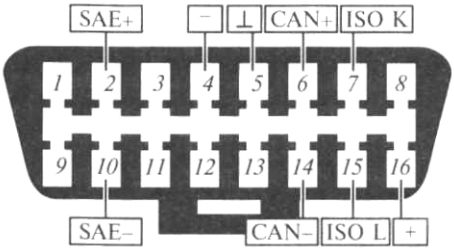


Рис. 1.20. Стандартные выводы диагностического разъема OBD-II:
1, 3, 8, 9, 11–13 – резервные контакты;
2, 10 – положительный и отрицательный сигналы
для диагностирования по протоколу SAE соответственно;
4 – «масса» автомобиля; *5* – «масса» сигналов; *6* – высокоскоростная CAN;
7 – K-линия для диагностирования по протоколу ISO; *14* – низкоскоростная CAN;
15 – L-линия для диагностирования по протоколу ISO;
16 – +12 В аккумуляторной батареи

Связь с каким-либо блоком управления в машине – сложный процесс. Только при безупречно правильном соединении контактов будет обеспечена устойчивая связь между контроллерами. Прерывание контакта даже на кратчайшее время или неплотный контакт, а также слишком большие переходные сопротивления препятствуют установлению надежной связи. Поэтому адаптации при диагностировании придается особенное значение. Наиболее надежная и простая адаптация обеспечивается, как правило, при использовании специальных адаптерных проводов, изготовленных производителями машины, например мультиплексора CARB для автомобилей.

Мультиплексор CARB – адаптерный провод для диагностических тестеров, используемый только в том случае, если в автомобиле имеется стандартный диагностический разъем. С помощью мультиплексора CARB можно проводить диагностирование на различных выводах диагностического разъема с использованием K-линии, интерфейса SAE или интерфейса CAN без дополнительного переключения, причем после подсоединения провода к тестеру можно начинать работу сразу же, не проводя предварительную настройку.

Стандартная настройка мультиплексора обеспечивает проведение диагностирования с использованием K-линии на выводе *7* и L-линии на выводе *15*, диагностирования по SAE через выводы *2* и *10*, а также диагностирования с использованием интерфейса CAN на выводах *6* и *14*.

При использовании мультиплексора CARB необходимо, чтобы для соответствующей марки машины блоки управления одной группы во всех автомобилях выходили на один и тот же вывод. Диагностирование систем, которые выходят не на стандартизированные выводы диагностического разъема, должно проводиться с помощью адаптерного блока OBD и универсального адаптерного провода.

Широкое применение в Республике Беларусь находит переносной диагностический прибор Pro-Link 9000. Он изготавливается компанией MPSI (MicroProcessorSystems, Inc., USA) и предназначен для проведения работ по диагностированию электронных систем управления различного рода мобильных конструкций, трансмиссий, двигателей.

Диагностический прибор Pro-Link 9000 (Pro-Link 9000 Plus) позволяет диагностировать электронную систему управления двигателя InternationalDTA 530E (I-308)/DDCS40E/DetroitDieselS40E. Его основными составляющими являются: Pro-Link 9000 (переносной диагностический прибор – считывающее устройство). В комплект входит пластиковый кейс, инструкция по эксплуатации, кабели для диагностического прибора н/к 501002; многопротокольный картридж для диагностического прибора Pro-Link 9000 (для двигателя серии S40E); электронная карточка для многопротокольного картриджа и диагностического прибора Pro-Link 9000 (для двигателя InternationalDTA 530E (I-308)/DDCS40E); электронная карточка для многопротокольного картриджа и диагностического прибора Pro-Link (для двигателя DDCS60 DDECIII/IV); шестиконтактный кабель-переходник.

Кроме того, есть полный комплект диагностического прибора для двигателя InternationalDTA530E (I-308)/DDCS40E, в который входят:

108004 (с пластиковым кейсом), 208040, 808010, 501002, 404024, инструкция по эксплуатации и принтер для диагностического прибора Pro-Link 9000 (в комплект входит один рулон термобумаги, кабель для подключения к Pro-Link 9000, сетевой адаптер 120 В; сетевой адаптер для принтера 220–240V; кабели для диагностического прибора Pro-Link 9000).

1.6.4. Средства диагностирования двигателей внутреннего сгорания, электрооборудования, гидропривода, трансмиссии, рабочих органов машин

При разработке средств диагностирования особое внимание уделяют комплектам приборов и приспособлений для контроля технического состояния зерно- и кормоуборочных комбайнов.

Комплект средств диагностирования и регулировки дизельных тракторов и самоходных машин КИ-28092.01 предназначен для выявления и устранения неисправностей дизелей тракторов, самоходных комбайнов, грузовых автомобилей и дорожно-строительных машин при ТО-1 и ТО-2, а также для заявочного диагностирования в межремонтный период. Комплект используют в составе агрегатов техобслуживания, а также применяют отдельно для выявления неисправностей и оценки качества ремонта.

Комплект поставки КИ-28092.01 приведен в табл. 1.19.

Таблица 1.19

Комплект поставки КИ-28092.01

Наименование	Обозначение	Количество
1. Индикатор расхода картерных газов	КИ-17999М	1
2. Универсальный компрессометр	КИ-28125	1
3. Вакуум-анализатор	КИ-5315М	1
4. Измеритель загрязненности моторного масла и дизтоплива	КИ-28067 (ИЗЖ)	1
5. Измеритель температуры лазерный	CENTER-350	1
6. Устройство (механотестер) для диагностирования прецизионных пар топливного насоса высокого давления (ТНВД) и форсунок дизеля	КИ-16301М	1
7. Моментоскоп	КИ-4941	1
8. Угломер	КИ-13926	1

Окончание таблицы 1.19

Наименование	Обозначение	Коли-чество
9. Приспособление для определения величины зазора в клапанном механизме газораспределительного механизма (ГРМ)	КИ-9918	1
10. Устройство для определения давления (масла)	КИ-13936	1
11. Приспособление для проверки давления (топлива)	КИ-13943	1
12. Автостетоскоп электронный	КИ-28136	1
13. Секундомер механический	СОСпр-26-2-000	1
14. Устройство измерительное (для измерения мощности и углового ускорения дизеля)	ИМД-ЦМ	1
15. Универсальный индикатор герметичности уплотнений, соединений и трубопроводов	КИ-28208	1
16. Приспособление для проверки натяжения ремней	КИ-13918	1
17. Автотестер универсальный	43102-М2	1
18. Плотномер электролита	КИ-13951	1
19. Линейка-справочник диагноста	ОРГ-13934	1
20. Эксплуатационная документация (комплект) на изделия		
21. Футляр	28092.01 ПС	1
22. Паспорт (совмещенный с инструкцией по эксплуатации)		1

С применением комплекта средств диагностирования контролируют следующие параметры комбайнов: износ втулочно-роликовых цепей; степень натяжения втулочно-роликовых цепей; ход ножа режущего аппарата жатки; усилие давления башмаков жатки на почву; усилие срабатывания предохранительной муфты привода рабочих органов; установочные зазоры в рабочих органах сборочных единиц; радиальные зазоры в подшипниковых узлах; погнутость валов, биение шнеков (звездочек); натяжение приводных ремней рабочих органов; натя-

жение приводных ремней компрессора, вентилятора и генератора; износ трансмиссии по значению суммарного бокового зазора; давление и неравномерность давления воздуха в шинах, износ протектора шин колес; сходимость управляемых колес; исправность рулевого управления колесной машины (давление открытия предохранительного клапана гидравлической системы рулевого управления; свободный ход рулевого колеса; усилие на рулевом колесе); эффективность рабочей тормозной системы колесной машины (тормозной путь; установившееся замедление; время торможения; начальную скорость торможения; боковой занос колесной машины; усилие нажатия на тормозную педаль; исправность стояночного тормоза); давление открытия предохранительно-переливного и предохранительного клапанов основной гидравлической системы; загрязненность фильтра гидростатической трансмиссии (ГСТ) и исправность вакуумметра; давление открытия предохранительного клапана насоса подпитки ГСТ; давление открытия предохранительного клапана высокого давления ГСТ; давление открытия переливного клапана ГСТ; стуки и шумы в сопряжениях и узлах комбайна; степень заряженности аккумуляторной батареи; напряжение генератора; загрязненность моторного, трансмиссионного и гидравлического масел.

Состав комплекта КИ-28120М приведен в табл. 1.20. В табл. 1.21 приведен перечень диагностических параметров тракторных двигателей и датчики для их измерения.

Таблица 1.20

Состав комплекта КИ-28120М средств контроля и регулирования основных систем самоходных зерно- и кормоуборочных комбайнов в полевых условиях

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
Система рабочих органов комбайна			
Устройство:			
– для определения износа цепей	КИ-28120.01.02	1	
– для контроля натяжения цепей	КИ-28120.01.01	1	
– для контроля перемещения сегментов ножа режущего аппарата жатки	КИ-28120.06	1	Модернизированное устройство 11382.07

Продолжение таблицы 1.20

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
– для проверки предохранительных муфт и усилия давления башмаков жатки на почву в комплекте с динамометром на 5000 Н (500 кгс)	КИ-28120М.01.07	1	Модернизированное устройство 11382.04
– для контроля зазоров между деталями рабочих органов жатки	КИ-11382.05	1	
– для контроля радиальных зазоров в подшипниковых узлах, погнутости валов, биения шкивов (звездочек с индикатором типа ИЧ-10)	И-28120М.01.08	1	Модернизированный КИ-11382.03
– для контроля натяжения приводных ремней	КИ-28120М.01.09	1	Модернизированный КИ-13918
Ходовая часть			
Устройство для контроля трансмиссии по значению суммарного бокового зазора кинематической цепи	КИ-13909	1	
Штангенглубиномер в комплекте с манометром шинным МД-214	ШГ-250	1	
Приспособление для проверки сходимости управляемых колес	КИ-28120.10	1	Модернизированный КИ-650
Тормозная система и рулевое управление			
Люфтомер	К-524 или К-526	1	
Измеритель эффективности тормозных систем автомобилей (контроль эффективности рабочей тормозной системы)	«Эффект-Т»	1	

Окончание таблицы 1.20

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
Гидравлическая система			
Устройство:			
– для проверки давления открытия предохранительно-переливного и предохранительного клапанов основной гидравлической системы	КИ-28120М.02.11	1	Модернизированный КИ-28084
– для проверки открытия предохранительного клапана гидравлической системы рулевого управления	КИ-28120М.02.12	1	
– для проверки показаний вакуумметра и загрязненности фильтра	КИ-28120М.02.13	1	
– для проверки давления открытия предохранительных клапанов насоса подпитки ГСТ и проверки переливного клапана ГСТ	КИ-28120М.02.14	1	
– для проверки давления открытия предохранительного клапана высокого давления ГСТ	КИ-28120М.02.15-01	1	
Электрооборудование			
Плотномер электролита КИ-13951	У10.16.0001.048-88	1	
Прибор электроизмерительный комбинированный 43102-М2 (автотестер)	25-7530.0028-89	1	
Топливо и смазочные материалы			
Индикатор загрязнения моторных, трансмиссионных, гидравлических масел и топлив КИ-28067	СИУТ 414213.001 ТУ	1	

Примечание: ГСТ – гидростатическая трансмиссия.

Таблица 1.21

Диагностические параметры машин и датчики

Параметр	Диапазон измерений		Погрешность, %	Датчик, прибор	
	Бензиновый двигатель	Дизель		Бензиновый двигатель	Дизель
Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин$^{-1}$	0–6000	0–5000	+1,5	ТТС-1 (прерыватель)	К-296.04 индукционный фотоэлементный бортовой
Неравномерность частоты вращения коленчатого вала двигателя, мин$^{-1}$	0–200	0–200	±1,5		
Изменение частоты вращения при отключении цилиндров, мин$^{-1}$	0–200	–	±1,5	ТТС-1 (прерыватель)	К-296.04 индукционный фотоэлементный бортовой
Начало действия регулятора частоты вращения коленчатого вала дизеля, мин$^{-1}$	–	1500–4000	0,5	–	Индукционный
Угловое ускорение коленчатого вала, с$^{-2}$	0–400	0–400	1,5	Прерыватель	
Эффективная мощность двигателя, кВт	0–400	0–500	–	–	–
Мощность механических потерь, кВт	0–100	0–50	–	–	–
Количество газов, прорывающихся в картер, л/мин	0–500	–	10	–	–

Продолжение таблицы 1.21

Параметр	Диапазон измерений		Погрешность, %	Датчик, прибор	
	Бензиновый двигатель	Дизель		Бензиновый двигатель	Дизель
Напряжение постоянного тока, В	0–40	0–40	±0,5	ПТХ-1	ПТХ-1
Электрическое сопротивление, Ом	0–100	0–100	2,0	–	–
Падение напряжения на аккумуляторе при пуске двигателя, В	0–40	0–4	1,5	–	–
Вторичное напряжение, кВ	0–40	–	±10	ДНЗ	–
Длительность искрения, мс	0–5	–	±0,1		–
Угол замкнутого состояния контактов прерывателя, град.	0–90	–	±1	–	–
Асинхронизм искрообразования, град.	0–20	–	±1	–	–
Угол опережения зажигания, град.	0–50	–	±1	ФС-1	–
Угол опережения начала подачи топлива, град.	–	от –5 до +50	±1	–	Индукционный ФС-1
Максимальное давление впрыскивания топлива, МПа	–	0–500	±2	–	Тензорезисторный
Содержание оксида углерода	0–10	–	±5	–	Инфракрасный

Окончание таблицы 1.21

Параметр	Диапазон измерений		Погрешность, %	Датчик, прибор	
	Бензиновый двигатель	Дизель		Бензиновый двигатель	Дизель
в отработавших газах, %					
Содержание углеводородов в отработавших газах, г/(кВт·ч)	0–2,0	0–4,5	±5	–	–
Дымность отработавших газов, %	–	0–100	±2	–	Фоторезисторный
Расход топлива, л/ч	2–100	2–200	±2	Тахометр	Тахометр
Давление топлива, МПа	0–0,05	0–1	±5	Тензорезисторный	Тензорезисторный
Давление в главной масляной магистрали, МПа	0–1	0–1	±5		
Давление наддува турбокомпрессора, МПа	0–0,015	5	±5		
Амплитуда (фаза) вибросигналов в контрольных точках двигателя, мВ	20–1000	–	–	–	–
Температура жидкости, °С	0–120	0–120	±5	Терморезисторный	Терморезисторный

Диагностирование двигателей внутреннего сгорания. К числу удачных приборов для диагностирования двигателей следует отнести механотестер КИ-5918 и анализатор герметичности цилиндров КИ-5973. Их используют как в составе переносного диагностического комплекта, так и автономно.

Анализатор герметичности цилиндров двигателей предназначен для определения состояния компрессионных и маслосъемных колец, зеркала гильзы цилиндра, впускных и выпускных клапанов. К проверяемому цилиндру анализатор подсоединяют через форсуночное или свечное отверстие посредством переходного устройства, соответствующего форсунке или свече данного двигателя.

Принцип работы анализатора состоит в следующем: в форсуночное или свечное отверстие двигателя устанавливают переходное устройство, к которому подсоединяют анализатор, и проворачивают коленчатый вал пусковым устройством. На такте сжатия выдавливаемый из цилиндра воздух выходит через вакуумный клапан наружу. На такте расширения от воздействия разрежения в цилиндре открывается вакуумный клапан. При открытии выпускного клапана двигателя вакуумный клапан закрывается и вакуумметр фиксирует значение разрежения в цилиндре.

Значение разрежения получают без выпуска воздуха из надпоршневого пространства на такте сжатия. Для этого посредством стопорной гайки прижимают подвижный элемент и не дают ему открыться для выпуска воздуха из цилиндра.

Второе измерение в совокупности с первым позволяет провести более полный анализ состояния герметичности цилиндров.

Электрооборудование. Средства диагностирования и основные диагностические параметры электрооборудования представлены в табл. 1.22.

Таблица 1.22

Средства диагностирования
и основные диагностические параметры электрооборудования

Наименование средства и шифр	Основные диагностические параметры, выполняемые работы
Пробник Э-107	Емкость свинцовых стартерных аккумуляторных батарей напряжением 12 В, емкостью 55–190 А·ч
Пробник Э-108	Емкость свинцовых стартерных аккумуляторов напряжением 12 В, емкостью 45–190 А·ч (нагрузочная вилка)
Прибор комбинированный ЭК-4304 или Ц-4324	Параметры напряжения, сопротивления
Устройство для проверки плотности электролита КИ-13951	Плотность электролита

Средства диагностирования гидропривода машин. Данные средства предназначены для проверки технического состояния гидропривода навесного механизма, рулевого управления, коробки передач и ГСТ сельскохозяйственных машин. К ним относятся: устройство для проверки гидравлических систем КИ-5473, представляющее собой дроссель-расходомер с пределами измерения 10–90 л/мин (комплектуется переходными устройствами, рукавами, другими принадлежностями) и гидротестер КИ-5998-01 с пределами измерения 10–200 л/мин.

Средства диагностирования трансмиссии машин. Трансмиссия машин сравнительно надежна, однако устранение последствий ее отказов сопровождается весьма большим объемом ремонтных работ. Чаще всего в трансмиссии выходят из строя подшипники, зубчатые колеса, детали переключения передач. Трансмиссии комбайнов отказывают значительно чаще из-за неисправности предохранительных муфт, подшипников качения валов, деталей соломотряса и др.

Для проверки технического состояния узлов трансмиссии обычно применяют простейшие люфтомеры КИ-13909, КИ-13926, представляющие собой жидкостные менисковые измерители с диапазоном измерения 0°–9° и 1°–45° и ценой деления 20". Их крепят магнитами на колесе при выборке угловых суммарных зазоров. С их помощью определяют износ бортовых передач и других редукторов машин.

Промышленность РФ выпускает достаточно надежные виброакустические приборы. К ним можно отнести виброметры ассоциации ВАСТ, предназначенные для измерения в широком диапазоне частот (2–400 Гц) параметров вибрации работающего оборудования, в т. ч. узлов трансмиссии в производственных условиях.

Для диагностирования редукторов используют измеритель шума и вибраций ВШВ-003М2 – портативный прибор для частотного измерения анализа параметров шума и вибрации при испытаниях оборудования и контроле качества изделий.

Для определения биения вращающихся деталей используют индикатор вибраций балансировочный ВБВ-005, предназначенный для индикации виброперемещения роторов при наличии у последних неуравновешенности масс. Прибор имеет в своем составе электронный перестраиваемый фильтр, с помощью которого удается выделить из всего спектра вибрации только вибрацию с частотой, равной оборотной частоте ротора.

К числу средств вибрационного диагностирования относится также универсальный виброизмерительный прибор VIBROPORT немецкой фирмы Scheck. Прибор имеет многоцелевое назначение, служит для оценки механических колебаний по смещению, скорости (интенсивности) и ускорению вибраций, для оценки состояния подшипников и других механизмов по интенсивности колебаний при проведении частотного и гармонического анализов, балансировки встроенных роторов, определения характеристики колебательной системы (например, собственных частот, собственных форм затухания, динамической жесткости), выявления количественных характеристик амплитудно-частотных и фазовых передаточных функций. Прибор имеет встроенный вычислительный процессор, блок автономного питания, цифровую индикацию и автоматическую распечатку результатов. Состояние подшипников и степень их износа определяется путем измерения на поверхности подшипника высокочастотных колебаний. При этом используется собственная частота датчика ускорения, принимаются во внимание пиковое значение и внутренняя энергия колебательной системы в диапазоне до 40 МГц.

Приборы для диагностирования тормозных систем и рулевого управления. Для проверки эффективности тормозных систем транспортных средств применяют прибор «Эффект». Прибор определяет тормозной путь, боковой занос, время срабатывания, установившееся замедление, усилие на тормозную педаль, начальную скорость торможения. Прибор измеряет параметры тормозных систем по ГОСТ Р 51709–2001.

Средства диагностирования рабочих органов машин. Обычно рабочие органы машин, в первую очередь комбайнов, проверяют с помощью простых приборов. К ним относится комплект средств для диагностирования приводных цепей КИ-11403, включающий устройство для контроля натяжения цепи и устройство для определения износа цепи. Устройство КИ-13605 предназначено для проверки предохранительных муфт с помощью динамометрической рукоятки с приспособлением для монтажа на муфту или на звездочку.

Важное место среди диагностических приборов и приспособлений занимают средства контроля, используемые для технологического регулирования сельскохозяйственных машин: зерно- и кормоуборочных машин, сеялок, плугов, культиваторов, дисковых и других борон.

В комплект для их технологической настройки входят:

– линейка длиной:	
0,5 м;	1 шт.
1,0 м;	1 шт.
– рулетка длиной 10 м;	1 шт.
– шнур ШХБ длиной 25 м;	1 шт.
– весы ВР-100;	1 шт.
– манометр шинный;	1 шт.
– средний набор инструмента ПИМ-1515;	1 шт.
– насос для накачивания шин;	1 шт.
– домкрат гидравлический;	1 шт.
– шаблон для контроля толщины кромки лезвия рабочих органов;	1 шт.
– прокладки универсальные;	2 шт.
– приспособление динамометрическое	2 шт.

1.7. Планирование и организация технического обслуживания машин

Цель планирования технического обслуживания – установить количество ТО машин, трудозатраты и численность рабочих, а также потребность в материальных и денежных средствах. Применяют в основном два метода планирования: индивидуальный и усредненный.

Индивидуальный метод планирования позволяет определить все виды ТО по каждому отдельному трактору с учетом его прошлой наработки и количества проведенных ТО. Расчеты индивидуальным методом проводят для сельскохозяйственных предприятий с небольшим машинно-тракторным парком.

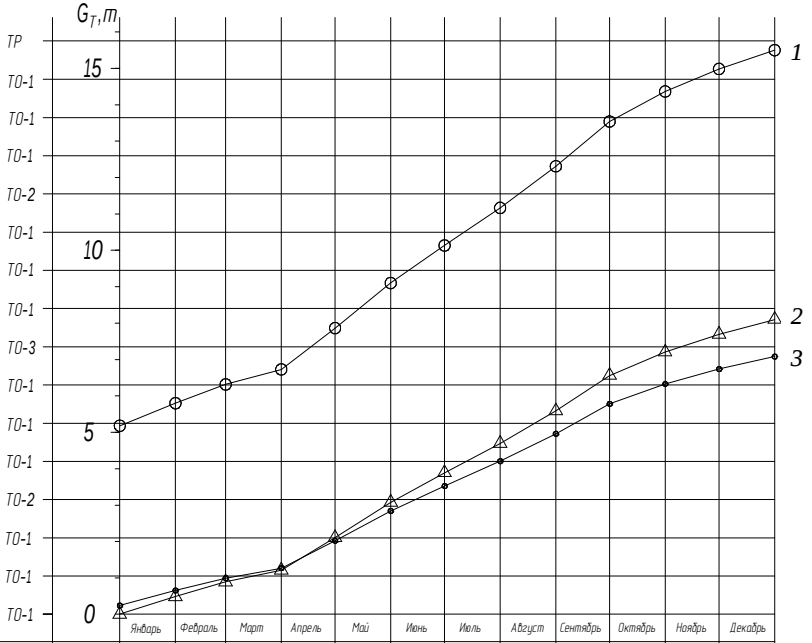
Усредненный метод планирования отличается простотой расчета. Его применяют при планировании ТО и оперативном определении ресурсов для ТО крупных сельскохозяйственных предприятий.

Оба метода могут реализовываться двумя способами – графическим и аналитическим. Планирование ведут по наработке тракторов и интегральным кривым расхода топлива.

1.7.1. Индивидуальный метод планирования

Графический индивидуальный метод

Количество ТО определяют по интегральным кривым расхода топлива каждым трактором в отдельности (рис. 1.21).



		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Количество ТО и ремонтов трактора МТЗ-80	○ №1	1	1		3СО	1	1		2	1	1СО	1	
	△ №2			1	1СО		2	1	1	1		3СО	
	∘ №3			1		1СО	2	1		1	1СО		
ТО-1	Количество	1	1	2	1	1	1	2	1	3	2	1	
	Затраты рабочего времени, ч	3,2	3,2	6,4	3,2	3,2	3,2	6,4	3,2	9,6	6,4	3,2	
ТО-2	Количество						2		1				
	Затраты рабочего времени, ч						16,6		8,3				
ТО-3	Количество				1							1	
	Затраты рабочего времени, ч				19,8							19,8	
СО	Количество				2	1					2	1	
	Затраты рабочего времени, ч				7	3,5					7	3,5	
ТР	Количество												
КР	Количество												
Затраты рабочего времени по месяцам года, ч		3,2	3,2	6,4	30	6,7	19,8	6,4	11,5	9,6	13,4	26,5	

Рис. 1.21. Годовой план-график технического обслуживания и ремонта тракторов класса 1,4

Начало кривой соответствует расходу топлива данным трактором на 1 января планируемого года от начала эксплуатации нового трактора или после его последнего капитального ремонта.

По оси абсцисс строят шкалу времени (по декадам, кварталам или месяцам), а по оси ординат – шкалу расхода топлива в тоннах (литрах, килограммах) от нуля до капитального ремонта и шкалу чередования видов технических обслуживаний. В конце каждого

месяца (декады) отмечают ординату планируемого расхода топлива за этот период. Полученные точки соединяют линиями, которые образуют интегральную кривую расхода топлива. Затем проводят горизонтальную линию от соответствующего вида технического обслуживания до пересечения с интегральной кривой расхода топлива, опускают перпендикуляр от точки пересечения до горизонтальной шкалы и получают время проведения данного вида технического обслуживания.

Составление годового плана-графика технического обслуживания тракторов сельскохозяйственного предприятия (бригады) сводится к заполнению таблицы, куда заносят сведения по тракторам данной марки.

Количество сезонных технических обслуживаний принимают равным удвоенному количеству тракторов, приурочивают к проведению очередного технического обслуживания и также показывают на плане-графике.

Аналитический индивидуальный метод

Количество ТО в планируемом периоде определяют по формуле

$$n_{\text{ТО}_i} = \frac{Q_{\text{г}} + Q_{\text{н}}}{t_{\text{ТО}_i}} - \sum n_{\text{ТО}_{i+1}}, \qquad (1.15)$$

где $Q_{\text{г}}$ – планируемая годовая наработка;

$Q_{\text{н}}$ – наработка от начала эксплуатации (или от последнего капитального ремонта) до планируемого периода;

$t_{\text{ТО}i}$ – периодичность i-го вида ТО;

$\sum n_{\text{ТО}_{i+1}}$ – количество ТО высших номеров по сравнению с i-м.

Например, количество ТО-1

$$n_{\text{ТО-1}} = \frac{Q_{\text{г}} + Q_{\text{ТО-1}}}{t_{\text{ТО-1}}} - n_{\text{КР}} - n_{\text{ТР}} - n_{\text{ТО-3}} - n_{\text{ТО-2}}, \qquad (1.16)$$

где $Q_{\text{ТО-1}}$ – наработка трактора от последнего ТО-1;

$n_{\text{КР}}$ – количество капитальных ремонтов;

$n_{\text{ТР}}$ – количество текущих ремонтов.

Такое аналитическое определение количества ТО справедливо для всех единиц учета наработки тракторов.

1.7.2. Усредненный метод планирования

Аналитический усредненный метод

Плановую годовую наработку в условных эталонных гектарах в плановом периоде определяют с учетом того, что в качестве такого периода обычно рассматривают календарный год. Тогда для определения плановой наработки тракторов на календарный год вначале следует разработать план механизированных работ предприятия. Основанием для разработки служат структура посевных площадей, технологические карты возделывания сельскохозяйственных культур, действующие на предприятии нормы выработки и расхода топлива на механизированные работы и перечень операций механизированных тракторных работ, не вошедших в технологические карты.

Вначале составляют так называемую сводную ведомость механизированных работ, в которой в календарной последовательности приводят все операции механизированных работ по всем сельхозкультурам, вносят не учтенные в технологических картах операции, обозначают составы используемых машинно-тракторных агрегатов с их нормами выработки и расхода топлива, агротехнические сроки выполнения каждой операции и длительность рабочего дня. На основании этих данных по каждой операции определяют требуемое количество нормо-смен или нормо-часов работы и расход топлива, что является исходным документом для определения плановой наработки данной марки тракторов в килограммах или литрах израсходованного топлива и в условных эталонных гектарах.

Чтобы определить плановую годовую наработку одного трактора данной марки, следует разделить плановую наработку данной марки тракторов на их количество.

Рассмотренный метод определения плановой наработки тракторов весьма трудоемок: требует множества исходных данных и сложных расчетов. На первый взгляд он является достаточно точным, т. к. учитывает почти все предполагаемые на сельхозпредприятии работы, однако определенная таким образом плановая наработка – это тот объем механизированных работ, который необходимо выполнить данным трактором на сельскохозяйственном предприятии, а не тот, который он потенциально может выполнить с учетом его срока службы. Это является самым существенным *недостатком*

рассмотренного метода определения плановой наработки при том, что также он не позволяет обеспечить равномерность загрузки ПТО предприятия даже при изменении периодичности ТО в допущенных пределах, равных ±10 %.

Планировать годовой объем механизированных тракторных работ целесообразно с учетом годовой нормативной загрузки и срока службы тракторов с начала ввода в эксплуатацию (табл. 1.23).

Таблица 1.23

Коэффициент перевода тракторов по сроку службы

Срок службы с начала эксплуатации/после капремонта, лет	Новые тракторы до первого капремонта		Тракторы, проходившие первый капремонт		Тракторы, проходившие последующий капремонт	
	гусеничные	колесные	гусеничные	колесные	гусеничные	колесные
1	1,00	1,00	0,80	0,85	0,50	0,55
2	0,90	0,90	0,70	0,80	0,40	0,45
3	0,80	0,85	0,65	0,75	0,35	0,40
4	0,75	0,80	0,60	0,70	0,30	0,35
5	0,70	0,75				
6 и более	0,65	0,70				

Планируемый объем механизированных работ данного трактора определяется по формуле

$$U_{год} = T_{год} W_э K_т, \qquad (1.17)$$

где $U_{год}$ – планируемый годовой объем механизированных работ трактора, эт. га;

$T_{год}$ – нормативная годовая загрузка трактора, ч;

$W_э$ – эталонная выработка трактора за час (табл. 1.24);

$K_т$ – коэффициент перевода тракторов по сроку службы, который учитывает снижение выработки трактора с увеличением его срока службы (см. табл. 1.23).

По известному плановому годовому объему механизированных работ $U_{год}$ с использованием шкалы периодичности тракторов разных марок определяют количество ТО-1, ТО-2, ТО-3 в планируе-

мом году. Для этого на шкале периодичности нужно найти объем работ в условных эталонных гектарах, соответствующий выработке данного трактора с начала эксплуатации (или после капремонта) на начало планируемого года. К этой цифре необходимо добавить планируемый объем механизированных работ и найти полученную сумму на шкале периодичности. Обычным подсчетом определить количество ТО-1, ТО-2, ТО-3 за рассматриваемый период.

Таблица 1.24

Коэффициенты перевода физических тракторов в условные эталонные

Марка трактора	Коэффициент
«Беларус-3022», «Беларус-3522»	2,70
«Беларус-2822»	2,20
«Беларус-2522»	2,10
«Беларус-1523»	1,56
«Беларус-1221»	1,30
«Беларус-1005/1025»	1,05
МТЗ-80/82, «Беларус-900/920»	0,80
«Беларус-570/572/510Е/512Е/520/522»	0,62
«Беларус-550Е/552Е»	0,57
«Беларус-310/320»	0,30
«Беларус-210/220»	0,22
«Джон Дир-8100»	1,85
«Джон Дир-640»	1,00
«Урсус-1614»	1,52
«Урсус-1134»	0,97
«Зетор-16245»	1,60
«Зетор-11245»	1,00
«Дайтц-Фар-6.71»	1,65
«Дайтц-Фар-6.05»	1,05
«Мерседес» МБ-трак 700	0,65
МБ-трак 800	0,75
МБ-трак турбо 900	0,85
МБ-трак 1000	0,95
МБ-трак 1100	1,10
МБ-трак 1300	1,25
МБ-трак 1500	1,50

Полученные значения количества ТО-1, ТО-2 и ТО-3 вводят в план-график технического обслуживания (рис. 1.22) в гр. 42–44. Если в планируемом году ремонт текущий или капитальный, то их необходимо внести в гр. 46 или 47. После определения количества ТО-1, ТО-2, ТО-3 они распределяются по месяцам и декадам. Распределение производят пропорционально сложившемуся в Республике Беларусь распределению объема механизированных работ по месяцам года (табл. 1.25).

Наиболее точным будет сложившееся распределение работ на конкретном сельскохозяйственном предприятии, для которого разрабатывается план-график ТО. Его средние значения могут быть определены, если выбрать ежемесячную наработку тракторов за три последних года и определить среднюю.

_____ Утверждаю:
(предприятие) Гл. инженер _____
«___» _____ 20__ г.

План-график
технического обслуживания и ремонта тракторов на 20__ г.

Марка трактора	Инвентарный номер	Выработка от последнего ремонта, эт. га	Годовое плановое задание, эт. га	Последний вид ТО	Месяц							Общее количество за год					
					Январь			…	Декабрь			ТО-1	ТО-2	ТО-3	ТО-ВЛ, ТО-ОЗ	ТР	КР
					1	2	3		1	2	3						
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	…	*39*	*40*	*41*	*42*	*43*	*44*	*45*	*46*	*47*

Ответственный исполнитель _____

Рис. 1.22. Форма плана-графика ТО на год

Таблица 1.25

Распределение объема механизированных работ по месяцам года, %

Класс тяги трактора	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
5	7	7	7	10	10	9	9	10	10	7	7	7
3	6	5	4	12	13	6	9	12	13	8	5	7
1,4	6	5	4	11	12	10	10	11	12	8	6	5
0,9	6	5	4	11	12	10	10	11	12	8	6	5
0,6	7	7	6	10	10	10	9	10	10	7	7	7

Чтобы определить, проводить ли ТО в данном месяце, необходимо от суммарного количества $n_{\text{ТО-1}}$, $n_{\text{ТО-2}}$, $n_{\text{ТО-3}}$ за данным трактором взять процент годовой наработки, который выполняется в этом месяце. Если получается цифра 1, то данный вид ТО в данном месяце проводится.

После заполнения гр. 6–41 общее количество ТО-1, ТО-2, ТО-3 должно соответствовать сумме значений гр. 42, 43, 44 (см. рис. 1.22).

Плановое количество техобслуживаний и их распределение по месяцам года будут расходиться с фактическими данными. Однако это различие не может значительно превышать допустимые по ГОСТ 10 %. Если учесть, что организация техобслуживания затруднена сложностью управления постановкой машин на техобслуживание по их фактической наработке, то разработка плана-графика ТО и его реальное применение позволят повсеместно перейти от устранения неисправностей машин к их профилактическому техобслуживанию. Ежегодно весной и осенью проводят сезонные ТО, которые, как правило, совмещают с периодическим номерным ТО. С точки зрения равномерной загрузки поста технического обслуживания и мастера-наладчика (мастеров-наладчиков) ТО по месяцам года должны распределяться равномерно.

Графический усредненный метод

Разработка месячного рабочего плана-графика ТО тракторов. На основании годового плана-графика ТО (см. рис. 1.22) разрабатывают рабочий план-график ТО отдельно на каждый месяц года. Такой график необходим для организации своевременной постановки тракторов на ТО в плановом порядке и исключения необходимости вести

интегральный учет наработки тракторов. Обязательным условием при разработке такого плана-графика является равномерность загрузки поста ТО и мастера-наладчика. Месячный рабочий план-график может быть представлен по форме рис. 1.23. Согласно ГОСТ 20793–2009 «Тракторы сельскохозяйственные. Техническое обслуживание» допускается проводить очередное номерное ТО с отклонением от установленной периодичности ±10 %. Это позволяет сдвигать время проведения ТО в целях равномерной загрузки поста ТО и мастера-наладчика.

_____ (предприятие)

Утверждаю:
Гл. инженер _____
«___» _____ 20___ г.

Рабочий план-график
технического обслуживания тракторов на _____ (месяц)

Марка трактора	Инвентарный номер трактора	Ф. И. О. тракториста	Последний вид ТО	Числа месяца						Всего		
				1	2	3	4	...	30	ТО-1	ТО-2	ТО-3
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*		*34*	*35*	*36*	*37*
«Беларус-1221»	12	Руденков В. Г.	1_6	–	–	–	3_1	…	–	–	–	1

Ответственный исполнитель _____

Рис. 1.23. Рабочий план-график технического обслуживания тракторов на месяц

Планирование технического обоснования на основе типичной интегральной кривой расхода топлива тракторами каждой марки. Для построения кривой необходимо знать средний годовой и месячный расходы топлива, определяемые по исходной информации за последние три-четыре года по тракторам каждой марки. Расход топлива за год и каждый месяц (табл. 1.26) определяют как средний за анализируемый период. По данным табл. 1.26 строят типичную интегральную кривую расхода топлива для каждой марки тракторов (рис. 1.24).

Таблица 1.26

Распределение расхода топлива по месяцам года

Месяц	Расход топлива		
	%	л	Нарастающий итог, л
Январь	6	138,0	138,0
Февраль	5	115,0	253,0
Март	4	92,0	345,0
Апрель	12	276,1	621,0
Май	13	299,1	920,1
Июнь	6	138,0	1058,1
Июль	9	207,0	1265,2
Август	12	276,1	1541,2
Сентябрь	13	299,1	1840,3
Октябрь	8	184,0	2024,3
Ноябрь	5	115,0	2124,3
Декабрь	7	161,0	2300,7

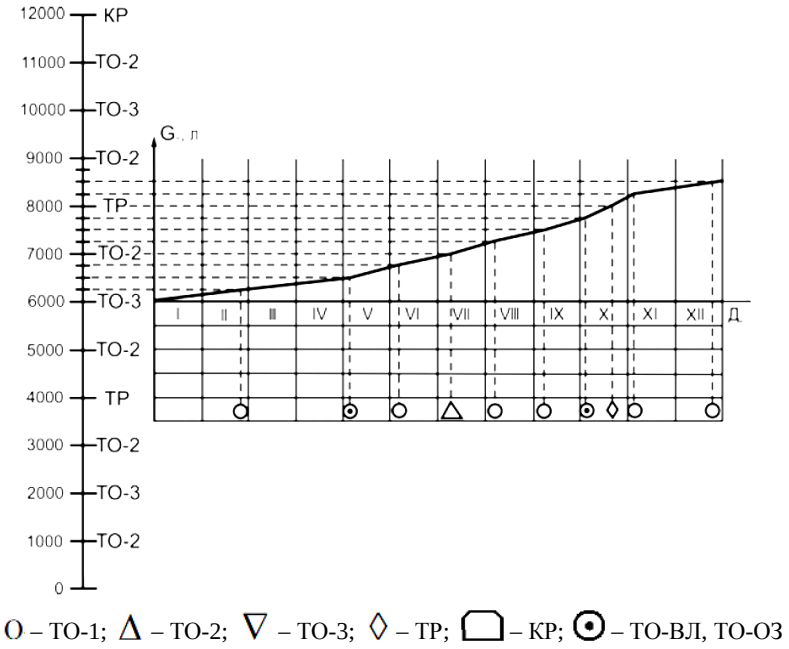


Рис. 1.24. Планирование ТО тракторов
по типичной интегральной кривой расхода топлива

Для планирования технического обслуживания тракторов данной марки строят шкалу периодичности (на рис. 1.24 – ось ординат от 0 до 12 000) в том же масштабе, что и интегральную кривую. Техническое состояние каждого из тракторов оценивают видом последнего ремонта и количеством израсходованного после него или с начала эксплуатации топлива до 1 января планируемого года.

Чтобы составить график ТО конкретного трактора в соответствии с его техническим состоянием, подвижную шкалу периодичности совмещают точкой расхода топлива на 1 января планируемого года с началом интегральной кривой. Например, после первого текущего ремонта трактор израсходовал 6000 л топлива до 1 января планируемого года. Следовательно, шкалу периодичности совмещают этой цифрой с началом кривой. Затем из отметок на ней, соответствующих видам ТО, проводят горизонтальные линии до пересечения с кривой. Опустив вертикали из точек пересечения на ось абсцисс, определяют дату и номер технического обслуживания трактора.

На основании данных, полученных по каждой марке трактора (см. рис. 1.24), составляют годовой оперативный план технического обслуживания и ремонта всего тракторного парка сельскохозяйственного предприятия по форме табл. 1.27.

Таблица 1.27

Годовой план технического обслуживания и ремонта тракторов

Вид ТО и ремонта	Распределение по месяцам												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
«Беларус-1221»													
ТО-1													
ТО-2													
ТО-3													
ТО-ВЛ, ТО-ОЗ													
ТР													
КР													
«Беларус-1025»													
ТО-1													
ТО-2													
ТО-3													

Окончание таблицы 1.27

Вид ТО и ремонта	Распределение по месяцам												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ТО-ВЛ, ТО-ОЗ													
ТР													
КР													
и т. д.													

1.7.3. Расчет трудоемкости технического обслуживания машинно-тракторного парка

Расчет затрат труда на техническое обслуживание и ремонт тракторов. Расчет затрат труда на проведение технического обслуживания выполняют на основании годового плана-графика ТО. Затраты труда на выполнение ТО определяют умножением нормативной трудоемкости проведения на их количество, устанавливаемое по плану-графику ТО (см. рис. 1.23).

Затраты труда на ТО всего парка тракторов (чел.-ч) определяют по формуле

$$H = \sum_{i=1}^{u} H_{1i} n_{1i} + \sum_{i=1}^{u} H_{2i} n_{2i} + \sum_{i=1}^{u} H_{3i} n_{3i} + \sum_{i=1}^{n} H_{ci} n_{ci}, \qquad (1.18)$$

где n_{1i}, n_{2i}, n_{3i}, n_{ci} – количество ТО-1, ТО-2, ТО-3 и сезонных ТО i-й марки трактора соответственно.

Во время проведения периодического технического обслуживания кроме регламентных операций проводится устранение возникших в процессе работы трактора неисправностей и отказов. Затраты труда на их устранение устанавливают в соответствии с выражением

$$H_{\text{у. н}} = (0,20–0,25)H. \qquad (1.19)$$

Кроме того, при проведении технического обслуживания мастеру-наладчику и механизатору приходится выполнять различные неучтенные работы:

$$H_{\text{н. р}} = 0,15H. \qquad (1.20)$$

Результаты расчетов затрат труда представляют в виде табл. 1.28.

Таблица 1.28

Распределение затрат труда по видам технического обслуживания тракторов

Марка трактора	Ф. И. О. механизатора	Инвентарный номер трактора	Затраты труда, чел.-ч						
			ТО-1	ТО-2	ТО-3	ТО-ВЛ, ТО-ОЗ	На устранение неисправностей	На выполнение неучтенных работ	Всего
«Беларус-1221»	Руденков В. Г.	12							
...									
Итого			+	+	+	+	+	+	+

Расчет затрат труда на техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственных машин. Для определения затрат труда на техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной машины необходимо разработать годовой план-график использования, технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин (рис. 1.25). Для разработки такого плана-графика необходимо вписать в него имеющийся перечень сельскохозяйственных машин.

С помощью технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур с учетом периодичности ТО сельскохозяйственных машин (табл. 1.29) определяют количество ТО каждой машины в планируемом году. Необходимо исходить из того, что все имеющиеся на предприятии сельскохозяйственные машины отработают нормативную годовую загрузку.

Перевод периодичности проведения ТО сельскохозяйственных машин из мото-часов в часы работы производится по формуле

$$П = П_{м.\,ч}(0{,}8–0{,}9). \qquad (1.21)$$

Количество периодических ТО для данной сельскохозяйственной машины в планируемом году определяют по формуле

$$П_{ТО} = \frac{T_{год}}{П}. \qquad (1.22)$$

Название сельскохозяйственной машины	Марки машин	Кол-во машин	Нагрузка на одну машину, ч.	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Плуг навесной	ПЛН-5-35	4	312									—◊		□3	
Борона дисковая	БД-10	5	208	□1			□2					—◊		□1	
Культиватор	КПС-4	3	416			□2						—◊			
Картофелесажалка	СН-4Б	4	48					—◊	□2					□1	
Зерноуборочный комбайн	GS2124	7	384		□2			□1		▽▽▽◊					□2
Кормоуборочный комбайн	КСК-100	3	1236	□1		□1		▽▽▽▽▽▽▽▽▽▽▽◊							
Льномолотилка	МЛ-2,8-П	4	432									—◊	□3		
Картофелекопатель	КТН-2В	3	252				□1	□1				—◊			
Затраты рабочего времени на:	Плановые ТО			—	—	—	—	22	76	169	201	110	6	—	—
	ТО при подготовке к хранению			—	—	—	—	11			167	94	25	—	—
	Устранение неисправностей			—	—	—	—	11	23	66	64	34	2	—	—
	Текущий ремонт			229	250	206	162	153	106	—	—	—	174	183	250
Общие затраты рабочего времени, ч				229	250	206	162	197	205	235	432	238	207	283	268

— – период работы машины; Δ – периодическое ТО;
□ – текущий ремонт; ◊ – обслуживание при хранении

Рис. 1.25. Годовой план-график использования, технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин

Таблица 1.29

Виды и периодичность технического обслуживания комбайнов и сельскохозяйственных машин

Вид технического обслуживания	Периодичность или условия проведения технического обслуживания
При обкатке (ТО-О)	Перед началом, в ходе и по окончании обкатки
Ежесменное (ЕТО)	8–10 ч
Первое (ТО-1)	60 мото-ч
Второе (ТО-2)*	240 мото-ч**
Техническое обслуживание при подготовке к длительному хранению ($ТО_{х1}$)	Не позднее 10 дней с момента окончания периода использования
Техническое обслуживание в процессе длительного хранения ($ТО_{х2}$)	Один раз в месяц при хранении на открытых площадках и под навесом; один раз в месяц при хранении в закрытых помещениях

Окончание таблицы 1.29

Вид технического обслуживания	Периодичность или условия проведения технического обслуживания
Техническое обслуживание при снятии с длительного хранения ($ТО_{хЗ}$)	За 15 дней до начала использования
Техническое обслуживание перед началом сезона работ (ТО-Э)	До начала сезона работ после хранения

* Для комбайнов, сложных самоходных и прицепных машин, сложных стационарных машин по обработке сельскохозяйственных культур.

** ТО-2 для комбайнов, самоходных, прицепных и стационарных машин необходимо выполнить, если их ожидаемая наработка за сезон больше 300 мото-ч. При наработке меньше 300 мото-ч ТО-2 следует совмещать с подготовкой машин к длительному хранению.

Количество ежесменных ТО рассчитывают по формуле

$$П_{ЕТО} = \frac{T_{год}}{T_{см}}, \qquad (1.23)$$

где $T_{год}$ – нормативная годовая загрузка данной сельскохозяйственной машины, ч;

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч ($T_{см}$ = 7 ч).

Например, для плугов $T_{год}$ = 150 ч/год, а $П_{м.ч}$ = 60 мото-ч. Тогда периодичность ТО плуга в часах работы

$$П = 0,9 \cdot 60 = 54 \text{ ч.}$$

Количество периодических ТО плуга

$$П_{ТО} = \frac{150}{54} = 2,77 = 2,$$

количество ежесменных обслуживаний плуга

$$П_{ЕТО} = \frac{150}{7} = 21,42 = 21.$$

Кроме периодических и ежесменных ТО проводят также $ТО_{х1}$ сельскохозяйственных машин при подготовке к длительному хранению, $ТО_{х2}$ в процессе длительного хранения и $ТО_{х3}$ при снятии с хранения. На рис. 1.25, используя условные обозначения, следует отметить количество ЕТО, ТО, ТР и время их проведения.

Зная количество ЕТО, ТО и ТР в планируемом году и трудоемкость их проведения, определяют затраты труда на техническое обслуживание и ремонт каждой сельскохозяйственной машины предприятия. Эти затраты определяются по формуле

$$H_{\text{схм}_i} = \sum_{i=1}^{n} n_{\text{ЕТО}} H_{\text{ЕТО}} + \sum_{i=1}^{n} n_{\text{ТО}_{х1}} H_{\text{ТО}_{х1}} + \sum_{i=1}^{n} n_{\text{ТО}_{х2}} H_{\text{ТО}_{х2}} + \\ + \sum_{i=1}^{n} n_{\text{ТО}_{х3}} H_{\text{ТО}_{х3}} + \sum_{i=1}^{n} n_{\text{ТО}} H_{\text{ТО}} + \sum_{i=1}^{n} n_{\text{ТР}} H_{\text{ТР}}, \quad (1.24)$$

где $n_{\text{ЕТО}}$, $n_{\text{ТО}_{х1}}$, $n_{\text{ТО}_{х2}}$, $n_{\text{ТО}_{х3}}$, $n_{\text{ТО}}$, $n_{\text{ТР}}$ – количество ЕТО, $ТО_{х1}$ при постановке на хранение, $ТО_{х2}$ при хранении, $ТО_{х3}$ при снятии с хранения, ТО при использовании сельскохозяйственной машины и текущий ремонт ТР соответственно;

$H_{\text{ЕТО}}$, $H_{\text{ТО}_{х1}}$, $H_{\text{ТО}_{х2}}$, $H_{\text{ТО}_{х3}}$, $H_{\text{ТО}}$, $H_{\text{ТР}}$ – трудоемкость ЕТО, $ТО_{х1}$ при постановке на хранение, $ТО_{х2}$ при хранении, $ТО_{х3}$ при снятии с хранения, ТО при использовании сельскохозяйственной машины и текущего ремонта ТР соответственно.

При расчете трудоемкости ТО и ремонта сельскохозяйственных машин следует учесть трудоемкость прочих работ, которые могут составлять 7 %–10 % от суммарной трудоемкости их ТО и ремонта.

Количество текущих ремонтов $n_{\text{ТР}}$ машин данной марки в планируемом году определяют с учетом коэффициента охвата их ремонтом:

$$n_{\text{ТР}} = n\beta, \quad (1.25)$$

где n – количество машин данной марки, шт.;

β – коэффициент охвата ремонтом машин данной марки (табл. 1.30).

Таблица 1.30

Значение коэффициента охвата ремонтом сельскохозяйственных машин

Плуги	Культиваторы	Сеялки и лущильники	Прочие сельскохозяйственные машины
0,80	0,75	0,70	0,65

Используя распределение затрат труда по видам ТО тракторов (см. табл. 1.28) и годовой план-график использования, ТО и ремонта сельскохозяйственных машин (см. рис. 1.25), разрабатывают график затрат труда на техническое обслуживание машинно-тракторного парка и представляют его в виде рис. 1.26. На шкале ординат последовательно откладывают по месяцам года прямоугольники с ординатами, равными соответственно затратам труда на ТО-1, ТО-2, ТО-3, устранение неисправностей тракторов и $H_{\text{схм}}$, помечая их различной штриховкой.

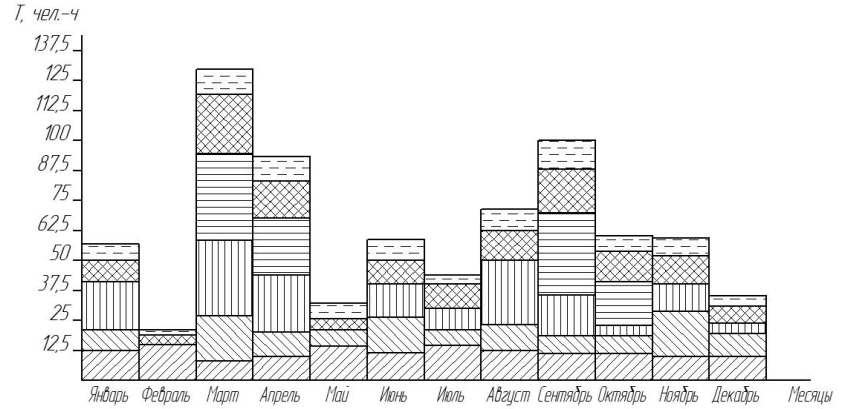


Рис. 1.26. График затрат труда на техническое обслуживание МТП

Мастера-наладчики выполняют все операции, предусмотренные регламентом проведения периодических и сезонных ТО тракторов и комбайнов. Количество мастеров-наладчиков определяют по напряженному периоду загрузки специализированного поста технического обслуживания (СПТО):

$$n_{\text{м. н}} = \frac{\sum H}{\Phi_{\text{р}}} = \frac{\sum H}{D_{\text{р}} T_{\text{см}} \tau K_{\text{см}}}, \qquad (1.26)$$

где $\sum H$ – общие затраты труда на проведение плановых периодических и сезонных обслуживаний в планируемый (напряженный) период, чел.-ч ($\sum H_{комб}$ – общие затраты труда на ТО комбайнов, чел.-ч):

$$\sum H = H + \sum H_{комб}; \tag{1.27}$$

$\Phi_р$ – фонд рабочего времени одного мастера-наладчика за расчетный период, ч;

τ – коэффициент использования времени смены;

$K_{см}$ – коэффициент сменности:

$$K_{см} = \frac{T_{сут}}{T_{см}}, \tag{1.28}$$

где $T_{сут}$ – продолжительность рабочего дня, ч.

При неполной загруженности мастеров-наладчиков следует предусматривать выполнение ими работ по техническому обслуживанию сельскохозяйственных машин, плановому их ремонту, хранению и др.

Определение количества слесарей-ремонтников. Слесари-ремонтники устраняют отказы, технические неисправности в тракторах, сельскохозяйственных машинах и выполняют заявочные и плановые ремонты несложных машин. Количество слесарей-ремонтников определяют по следующей формуле:

$$n_р = \frac{\sum H_р}{\Phi_р}, \tag{1.29}$$

где $\sum H_р$ – общие затраты труда на плановый ремонт несложных сельскохозяйственных машин и устранение отказов и неисправностей в тракторах и сельскохозяйственных машинах, чел.-ч.

Фонд рабочего времени одного слесаря-ремонтника определяют по формуле

$$\Phi_р = D_р T_{см} \tau K_{см}. \tag{1.30}$$

При определении количества мастеров-наладчиков и слесарей-ремонтников целесообразно использовать информацию, представленную в табл. 1.28 и на рис. 1.25.

Расчет фонда заработной платы на ТО МТП. При расчете заработной платы на ТО МТП следует учитывать, что ежесменные технические обслуживания тракторов и сельскохозяйственных машин проводят трактористы-машинисты. Слесари и трактористы-машинисты, принимающие участие в проведении технического обслуживания, получают заработную плату ремонтных рабочих по IV разряду тарифной сетки. Труд мастеров-наладчиков оплачивают по ставкам трактористов-машинистов IV–V разрядов.

Заработную плату мастеров-наладчиков за час работы определяют по формуле

$$C_{\text{м. н}} = C_{\text{тр}} K_{\text{ув}}, \tag{1.31}$$

где $C_{\text{тр}}$ – часовая тарифная ставка тракториста-машиниста IV–V разряда, р.;

$K_{\text{ув}}$ – коэффициент увеличения тарифной ставки, обычно равный 2.

Общий фонд заработной платы мастера-наладчика рассчитывают по формуле

$$З_{\text{м. н}} = H_{\text{м. н}} C_{\text{м. н}}, \tag{1.32}$$

где $H_{\text{м. н}}$ – затраты труда мастеров-наладчиков в планируемом году, чел.-ч.

Аналогично определяют заработную плату слесарей-ремонтников.

1.7.4. Формы и методы организации технического обслуживания машин

Организация ТО МТП на предприятиях АПК должна основываться на применении принципа специализации. Это позволяет сократить простои техники, улучшить качество ТО и условия труда. С этой целью на сельскохозяйственном предприятии могут создаваться *специализированные звенья* мастеров-наладчиков и слесарей: для проведения

планового ТО МТП; диагностики технического состояния машин (для крупных сельскохозяйственных предприятий); устранения неисправностей и отказов (эксплуатационного ремонта); заправки машин нефтепродуктами; организации хранения машин.

Количество звеньев и их состав определяют с учетом конкретных условий сельскохозяйственного предприятия.

Примерный состав звена по проведению планового ТО МТП в бригаде:

– при 10 тракторах – мастер-наладчик;

– при 10–20 тракторах – мастер-наладчик и слесарь;

– при 20–30 тракторах – мастер-наладчик и 2 слесаря;

– при 30–40 тракторах – мастер-наладчик и 3 слесаря.

ЕТО тракторов и сельскохозяйственных машин проводят обычно перед началом смены на машинном дворе или в поле. Основной исполнитель – тракторист. При работе машин в составе технологических отрядов для проведения ЕТО в помощь механизатору в поле привлекают работников специализированного звена.

Номерные и сезонные ТО должны выполнять специализированные звенья по ТО с участием тракториста. Тракторист выполняет простейшие операции (моечно-очистительные, крепежные и др.), мастер-наладчик – сложные контрольно-диагностические операции и регулировки, слесарь – более простые регулировочные и другие работы.

Исполнителями технического обслуживания МТП могут быть:

– *эксплуатирующая организация* (силами предприятия). Применяют там, где есть необходимая ремонтно-обслуживающая база (РОБ) и укомплектованная инженерно-техническая служба (ИТС);

– *специализированная организация* (СТОТ, автомобилей СТОТ, СТОА). Степень участия районного ремонтно-обслуживающего предприятия (РРОП) в ТО машин хозяйства может быть разнообразной – от отдельных видов диагностирования до всех работ по ТО. Этот метод применяется в тех случаях, когда в хозяйстве слабая РОБ или неукомплектованная ИТС по ТО и ремонту;

– *предприятия-изготовители*. В настоящее время получает достаточно широкое распространение.

В сельскохозяйственном производстве стали образовываться арендные производственные коллективы, кооперативы, фермерские (крестьянские) хозяйства – владельцы средств механизации.

Исходя из имеющегося опыта работы различных механизированных подразделений можно сформулировать основные принципы организации ТО в этих условиях:

– все работы по ТО и ремонту машин, не выходящие по сложности за рамки 3-го разряда и не требующие специального дорогостоящего оборудования, выполняют операторы машин (ЕТО, ТО-1, неисправности 1-й группы сложности);

– самостоятельные механизированные подразделения, у которых объем работ по ТО-1, ТО-2, комплектованию и наладке МТА превышает годовую загрузку одного рабочего, должны иметь свою техническую службу, состав которой будет зависеть от объема работ;

– все работы по ТО и ремонту, которые экономически невыгодно выполнять собственными силами, должны проводиться на стороне сервисными специализированными производствами, создаваемыми на базе ПТО и ЦРМ сельскохозяйственных предприятий, РРОП, СТОТ, СТОА, фирменных техцентров и специализированных рем-предприятий.

Возможные формы организации ТО. В последние годы ведутся поиски наиболее рациональных форм организации ТО и ремонта сельхозтехники. Наибольшее распространение получили четыре формы:

– силами и средствами сельскохозяйственного предприятия;

– специализированное ТО и ремонт машин силами сельскохозяйственных предприятий и сельхозтехники;

– централизованное ТО энергонасыщенных тракторов;

– комплексное ТО машин сельскохозяйственных предприятий.

ТО силами и средствами сельскохозяйственного предприятия. Работы по всем элементам системы ТО выполняют в основном трактористы-машинисты. Помощь со стороны рабочих ремонтной мастерской оказывается только при выполнении отдельных видов ремонтных работ. Этот принцип имеет недостатки: высокую себестоимость и низкое качество.

Специализированное ТО и ремонт машин силами сельскохозяйственных предприятий и сельхозтехники предусматривает разделение и специализацию труда. Все работы по ТО и устранению неисправностей выполняют специализированные звенья, которые возглавляют мастера-наладчики. При этом трактористы-машинисты участвуют на правах временных работников специального звена.

ТО силами и средствами сельскохозяйственного предприятия может быть организовано по одной из следующих схем.

Капитальный ремонт тракторов и автомобилей, комбайнов и других сложных машин и их составных частей осуществляют на ремпредприятиях агросервиса.

Работы по ТО, устранению неисправностей в период эксплуатации и текущему ремонту машин проводят в ремонтных мастерских и ПТО предприятий путем замены вышедших из строя узлов и агрегатов. На крупных сельскохозяйственных предприятиях, имеющих собственную ремонтную базу и квалифицированные кадры, может применяться схема, по которой кроме ТО будут проводить ТР и КР несложных по конструкции машин с заменой вышедших из строя деталей новыми или отремонтированными в агросервисе.

При разделении и специализации труда на базе кооперации проводят ТО машин с участием райагросервиса. При этом широко используют материально-техническую базу (МТБ) агросервиса, что сокращает затраты средств предприятиями на строительство и оборудование ремонтных мастерских.

Сельскохозяйственные предприятия берут на себя обязанность строительства и реконструкции ПТО, обеспечение их звеньями мастеров-наладчиков и слесарей, которые под руководством и с участием работников специализированной инженерной службы агросервиса выполняют ТО и ТР машин на предприятии.

В соответствии со сметой затрат сельскохозяйственные предприятия на договорных началах оплачивают содержание инженерной службы агросервиса, которая доставляет запчасти, материалы, проводит КР машин и их составных частей.

Централизованное ТО энергонасыщенных тракторов. ТО-2 и ТО-3 тракторов «Беларус-1221/1522/3022/3522» и т. п. проводят в райагросервисе при наличии СТОТ, а непосредственно на сельскохозяйственном предприятии проводят ЕТО и ТО-1 этих тракторов с использованием передвижных средств ТО. Там же устраняют мелкие неисправности, заменяют несложные составные части, используя передвижные средства и мастерскую ПТО.

Если сельскохозяйственное предприятие находится от СТОТ дальше 20–25 км, то ТО-2 перечисленных тракторов проводят непосредственно на сельскохозяйственном предприятии.

Комплексное ТО техники в условиях АПК. Суть этой формы ТО состоит в том, что агросервис выполняет весь комплекс работ по ТО и ремонту МТП сельскохозяйственных предприятий. При этом он арендует их МТБ. Мастера-наладчики, ремонтные рабочие и часть инженерно-технических работников (ИТР) сельскохозяйственных предприятий, занимающихся ТО и ремонтом сельхозтехники, переходят в штат агросервиса. Они остаются членами и работниками предприятий, но заработную плату получают в агросервисе. Последний заключает с сельскохозяйственными предприятиями договоры, где указывает, что производственно-технические участки по ремонту и ТО машин создаются непосредственно на сельскохозяйственном предприятии с арендой производственно-технической базы. Таким образом создают единые инженерные службы по ремонту средств механизации предприятий. При такой форме ТО агросервис несет ответственность за ТО и ремонт, а ИТР сельскохозяйственных предприятий – за эксплуатацию машин. Агросервис проводит ТО согласно договору с сельскохозяйственным предприятием в свободное время от выполнения тракторами механизированных работ.

Управление постановкой машин на ТО. Своевременное и обязательное проведение технического обслуживания возможно при тщательном учете наработки и прекращении выдачи топлива, если в установленный срок не проведено соответствующее ТО машины. Лимитирование заправки на практике осуществляют несколькими методами – с помощью талонов, жетонов и лимитно-учетных книжек.

Лимитирование с помощью талонов и жетонов. После проведения очередного ТО тракторист под расписку получает жетоны различного достоинства в зависимости от марки трактора. Набор жетонов соответствует периодичности проведения ТО-1. Без предъявления жетонов трактор не заправляют. После того как жетоны израсходованы, механизатор вынужден обратиться за получением новых, которые выдают после очередного обслуживания.

За соблюдение периодичности ТО несут ответственность главный инженер и руководители соответствующих подразделений инженерной службы, а также руководители производственных участков.

Лимитирование с помощью лимитно-учетной книжки. Такая книжка состоит из 16 комплектов заправочных ведомостей и нарядов на проведение ТО. Нумеруются заправочные ведомости, контрольные корешки и наряды на проведение ТО. В лимитно-учетную книжку записывают

марку и номер трактора, лимит расхода топлива между ТО, номера ТО в установленной последовательности. При выдаче топлива заправщик вырывает из лимитно-учетной книжки заправочную ведомость и хранит у себя. В ведомости он отмечает количество отпущенного топлива и подводит итог расхода. При достижении лимита он прекращает выдачу топлива, отрывает от ведомости наряд на очередное ТО, записывает в нем количество отпущенного топлива и отдает трактористу. Новую заправочную ведомость выдают только после проведения ТО.

Годовые планы-графики ТО и ремонта машин по тракторам разрабатывают заведующие мастерскими, а по сельхозмашинам – заведующие машинным двором и утверждают у главного инженера.

Состав службы ТО и ее специализация определяются количественным составом МТП, наличием производственной базы. Для сельскохозяйственных предприятий с парком 40 и более тракторов рекомендуют специализацию звеньев по отдельным типам машин и видам работ. Организуют звенья: мастеров-наладчиков по ТО тракторов и комбайнов (один рабочий на 20–25 тракторов); слесарей-ремонтников машинных дворов по обслуживанию и ремонту сельскохозяйственных машин (один рабочий на парк сельхозмашин, агрегатируемых с 20–25 тракторами); постоянных рабочих ремонтной мастерской.

1.7.5. Порядок ввода машин в эксплуатацию и их списание

Новые или капитально отремонтированные машины *вводят в эксплуатацию* после их приемки в установленном порядке.

Во время приемки новых машин проверяют наличие пломб, состояние упаковки, комплектность, наличие инструмента, запасных частей согласно комплектовочной ведомости и упаковочному листу. При несоответствии типа или марки машины, прилагаемого комплекта запасных частей и инструмента, наличии поврежденных или неисправных составных частей машины, предложенных в этих документах, составляют акт проверки качества по форме и в сроки, установленные правилами предъявления претензий.

Устранение выявленных неисправностей в приобретенных и отремонтированных машинах в период гарантийного срока должно осуществляться после составления акта.

Если машина поступила на сельскохозяйственное предприятие в разобранном виде, реконсервацию и полную сборку проводят согласно инструкции предприятия-изготовителя, после чего руково-

дителем сельскохозяйственного предприятия машина по акту закрепляется за механизатором.

Все машины, находящиеся на балансе предприятия, должны иметь инвентарный номер в соответствии с инвентарными карточками, которые хранятся в бухгалтерии, а тракторы, самоходные шасси и тракторные прицепы необходимо зарегистрировать в инспекции Гостехнадзора.

К каждому трактору, комбайну или другой самоходной машине прилагается формуляр (паспорт), который хранится как документ строгой отчетности. В паспорте указывают дату поступления на сельскохозяйственное предприятие, инвентарный и государственный номера, фамилию механизатора, за которым закреплена машина, сведения о рекламациях и результатах проверки машины. Ведется учет наработки машины, неисправностей при эксплуатации, ТО и ремонтов. За правильное ведение паспорта отвечают главный бухгалтер и главный инженер предприятия.

Поступившие на сельскохозяйственное предприятие машины новых конструкций вводят в эксплуатацию после инструктажа или другой предварительной подготовки механизаторов, привлекаемых для управления ими или их обслуживания.

Сельскохозяйственная техника, морально устаревшая, полностью утратившая производственное назначение из-за физического износа, а также пришедшая в негодность вследствие аварий или стихийных бедствий, подлежит *списанию с балан*са сельскохозяйственных предприятий и организаций.

Допускается списывать машины, оборудование несовершенных конструкций, если их дальнейшая эксплуатация невозможна, а модернизация технически нецелесообразна и экономически невыгодна. Замена таких машин и оборудования должна быть предусмотрена в плане внедрения новой техники.

Для определения непригодности к дальнейшему использованию в производстве, невозможности или неэффективности проведения восстановительного ремонта, а также для оформления необходимой документации на списание техники по приказу руководителя создают комиссию.

Постоянно действующие комиссии предприятия:

– осматривают объект, подлежащий списанию, определяют его состояние, возможность восстановления и дальнейшего использования, устанавливают причины, обусловившие необходимость списания

объекта (износ, преждевременное выбытие вследствие нарушения нормальных условий эксплуатации или аварии), а в необходимых случаях – виновных в этом лиц;

– определяют возможность использования отдельных узлов, деталей, материалов списываемого объекта и производят их оценку;

– составляют акты на списание техники и представляют их на рассмотрение правления, общего собрания кооперативов, собрания уполномоченных и руководителя предприятия.

При осмотре списываемой техники и составления актов комиссия использует необходимую документацию: технические паспорта, ведомости дефектов, акты об аварии машин и др.

Обращают внимание на качество этой документации. При осмотре и оформлении актов на списание машин и оборудования комиссия:

– проверяет техническое состояние деталей и основных узлов;

– устанавливает причины, вызвавшие досрочный износ базовых деталей большинства узлов и агрегатов, нарушение нормальных условий эксплуатации, аварии (поломки), а при необходимости – виновных в этом лиц;

– определяет фактический срок эксплуатации (амортизация и фактическая наработка машин и оборудования);

– устанавливает невозможность и нецелесообразность восстановительного ремонта.

Восстановление машины, вышедшей из строя вследствие аварии или стихийного бедствия, считается экономически нецелесообразным, если в результате осмотра установлены неремонтопригодными три и более основные базовые детали (блок двигателя, рама, КП или задний мост, кабина и т. п.).

Не рекомендуется списание тракторов, автомобилей, комбайнов и машин до истечения амортизационных сроков эксплуатации, за исключением случаев, когда машина пришла в негодность вследствие аварий или стихийных бедствий.

После списания машину разбирают на узлы, детали и агрегаты с составлением акта на ликвидацию. Агрегаты и детали от списанных машин, годные для ремонта других машин, приходуются, но как металлолом по соответствующим ценам.

Оформленный и утвержденный акт на списание машин передают в бухгалтерию предприятия, где в инвентаризационной описи (инвентаризационной карточке, которая ведется в центральной бухгалтерии) отмечают выбытие объекта.

1.8. Обеспечение машинно-тракторного парка топливно-смазочными материалами и заправка машин

Нефтехозяйство сельскохозяйственного предприятия – специализированное подразделение, представляющее собой совокупность инженерных сооружений, оборудования, технических средств и части инженерной службы, предназначенных для выполнения операций снабжения нефтепродуктами.

В состав нефтехозяйства входят: транспортные средства для доставки нефтепродуктов; склады для их хранения (нефтесклады) на центральной усадьбе сельскохозяйственного предприятия, в бригадах, отделениях; стационарные пункты (посты) и передвижные средства заправки машин на месте их работы (в поле).

Нефтесклад – совокупность сооружений, оснащенных оборудованием для приема, хранения и отпуска всех видов нефтепродуктов.

Разработаны типовые проекты нефтескладов вместимостью 40 $м^3$ (ТП 704-1-99), 80 $м^3$ (ТП 704-1-100), 150 $м^3$ (ТП 704-1-101), 300 $м^3$ (ТП 704-1-102), 600 $м^3$ (ТП 704-1-103) и 1200 $м^3$ (ТП 704-1-104) для предприятий различных форм собственности. Проектами предусматривается полная механизация всех операций с нефтепродуктами, обусловливающая минимальные потери при сливе, хранении, выдаче и заправке и возможность контроля качества нефтепродуктов.

По структуре нефтесклады состоят из двух основных составных частей, технологически соединенных между собой:

– *машинозаправочная станция* для приема и хранения текущих запасов нефтепродуктов и заправки ими автомобилей, тракторов и другой самоходной техники;

– *склад запасов топлива и масел* с резервуарным парком и оборудованием, обеспечивающий хранение нефтепродуктов и выдачу их крупными партиями в автоцистерны и передвижные заправочные агрегаты.

Наиболее характерными типовыми проектами для условий сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь являются ТП на 40, 80, 150 и 300 $м^3$ (табл. 1.31, 1.32).

Нефтесклады вместимостью 40, 80, 150 и 300 $м^3$ выполнены в двух вариантах – надземном и подземном. Нефтесклады вместимостью 600 и 1200 $м^3$ и маслосклады в них – только в надземном варианте. В первых не предусмотрено хранение масел, т. к. заправка маслами планируется на ПТО.

Таблица 1.31

Техническая характеристика типовых нефтескладов

Показатель	Типовые проекты					
	704-1-99 (40 м^3)	704-1-100 (80 м^3)	704-1-101 (150 м^3)	704-1-102 (300 м^3)	704-1-103 (600 м^3)	704-1-104 (1200 м^3)
Общая резервуарная вместимость:	50	90	155	320	600	1195
– дизельное топливо	20	35	75	150	350	700
– керосин	–	5	5	10	10	25
– бензин	20	30	50	100	180	345
– котельное топливо	–	5	5	10	10	25
– масло	10	15	20	50	50	100
Площадь склада (всего), га	0,032	$\frac{0,095}{0,047}$*	$\frac{0,180}{0,060}$	0,150	0,200	0,180

* Числитель – надземный вариант, знаменатель – надземно-подземный.

Таблица 1.32

Основное технологическое оборудование типовых складов нефтепродуктов, шт.

Оборудование	Вместимость склада, м^3					
	40	80	150	300	600	1200
Резервуары объемом, м^3:						
– под дизельное топливо:						
200	–	–	–	–	–	3
75	–	–	–	–	–	1
50	–	–	1	2	2	–
25	–	1	1	2	1	1
10	2	1	–	–	–	–
– под бензин:						
75	–	–	–	–	–	3
50	–	–	1	–	3	2
20	–	–	1	1	–	2
10	1	2	2	2	3	1
5	2	2	1	1	–	–

Окончание таблицы 1.32

Оборудование	Вместимость склада, м^3					
	40	80	150	300	600	1200
– под котельное топливо:						
25	–	–	–	–	–	1
10	–	–	–	1	1	–
5	–	1	1	–	–	–
– под масло:						
5	2	3	4	10	10	10
Стояк сливной железнодорожный нестандартный	–	–	–	–	–	3
Стояк сливно-наливной для масла	–	–	3	3	3	3
Приемо-раздаточные стояки 03-2462А, 03-9721	–	–	2	3	3	3
Сливное устройство нестандартное	3	3	–	–	–	–
Маслораздаточная колонка 367М	2	2	2	4	4	4
Топливораздаточные колонки:						
– КЭР-40-0,5	2	3	3	4	4	4
– КЭР-40-1,0	1	1	1	1	1	1

При централизованной доставке нефтепродуктов и удовлетворительном состоянии дорог сельскохозяйственному предприятию достаточно иметь производственный запас Q нефтепродуктов, равный 8 %–10 % от годовой потребности $Q_{год}$. При неудовлетворительном состоянии дорог следует иметь производственный запас $Q = (0{,}15–0{,}20)Q_{год}$. Для условий республики он равен двухнедельному запасу топлива (по напряженному периоду работы).

Необходимый объем резервуарных емкостей на сельскохозяйственном предприятии (в отделении, бригаде)

$$V = \frac{Q_{сез}\lambda_{нер}}{\gamma\lambda_з}, \qquad (1.33)$$

где $Q_{сез}$ – расход топлива за планируемый период завоза (месяц, квартал, сезон);

$\lambda_{нер}$ – коэффициент неравномерности расхода топлива, равный отношению максимального количества топлива, расходуемого в один из месяцев года, к количеству топлива, расходуемого в среднем за один месяц этого года;

γ – плотность топлива, т/м^3 (при расчетах для дизельного топлива принимают $\gamma = 0{,}82$, бензина $\gamma = 0{,}76$);

$\lambda_з = 0{,}95$ – коэффициент заполнения емкостей.

При комплектовании нефтесклада необходимым оборудованием нужно учитывать, что для хранения нефтепродуктов в сельскохозяйственном производстве широко используют нефтерезервуары, бочки, цистерны, бидоны (канистры) и другую тару.

Снижение потерь нефтепродуктов при операции заправки баков транспортных и других самоходных машин во многом достигается благодаря использованию механизированных средств и автоматизации технологического процесса заправки.

Пост заправки машин нефтепродуктами – сооружение, оснащенное технологическим оборудованием для заправки машин.

Нефтехозяйство выполняет следующие функции и операции с нефтепродуктами: получение с базы снабжения, доставку на сельскохозяйственное предприятие, хранение, заправку машин топливом и смазочными материалами, отпуск их для других производственных нужд, учет расходования нефтепродуктов, борьбу с их потерями, сбор и сдачу для регенерации отработанных масел, контроль качества и поддержание нефтескладского оборудования в исправном состоянии.

1.8.1. Транспортировка, прием и хранение топливно-смазочных материалов

Годовой план завоза нефтепродуктов на сельскохозяйственные предприятия обосновывается расчетами за год, где указывают поквартальную расшифровку потребности в сортах топливно-смазочных материалов (ТСМ) с учетом выделенных фондов. Объем потребления и завоза корректируют ежемесячно при подаче заявки нефтеснаб-

жающим организациям на следующий плановый месяц. На сельскохозяйственных предприятиях наряду с определением поквартальной потребности на основе имеющихся транспортных возможностей, объема месячного расхода и наличия резервных емкостей рекомендуют составлять помесячный план завоза ТСМ. До начала каждого месяца план завоза корректируют согласно фактическому расходу и остаткам.

При составлении плана завоза необходимо учитывать целесообразность в начале квартала одновременного завоза масел автоцистернами, чтобы в дальнейшем исключить большую трудоемкость по подготовке автоцистерн к перевозке светлых нефтепродуктов. Наиболее прогрессивный метод перевозки нефтепродуктов – централизованная доставка их на сельскохозяйственные предприятия.

Топливо и смазочные масла всех сортов должны доставлять преимущественно автоцистернами типа АП-4,2-53А, АЦ-4,2-130, АЦ-8-500А. В виде исключения при небольших расстояниях доставки допускают завоз дизельного топлива и бензина топливозаправочными автоцистернами АТЗ-2,4-52-01, АТЗ-2,4-52-04 или механизированными заправочными агрегатами типа МЗ-3904 в периоды между заправками машин в бригадах.

Нефтепродукты, поступающие на склад или в пункт заправки, принимает заведующий нефтехозяйством, кладовщик или заправщик в соответствии с инструкцией по доставке, хранению, отпуску и контролю качества нефтепродуктов.

При приемке нефтепродукта необходимо проверять полноту заполнения автоцистерны и вид нефтепродукта, указанный в товарно-транспортной накладной (один ее экземпляр передается сельскохозяйственному предприятию). Бочки с маслом перевозят на бортовых автомобилях в закрытом состоянии пробками вверх и заполненными на 90 %–95 %, чтобы предотвратить разлив. Разгружать их следует подъемником, путем сброса – запрещается.

При перекачке топлива используют приемо-раздаточные стояки, мотопомпы, насосы. Запрещается выдавать топливо в ведра, т. к. это ведет к его загрязнению и потерям.

Чтобы избежать загрязнения нефтепродуктов, их следует перевозить, перекачивать и выдавать так, чтобы для каждого вида нефтепродуктов имелось отдельное оборудование. Если этого сделать нельзя, то сначала перевозить ТСМ высшего качества, затем – более низкого. Перед перевозкой каждого нового нефтепродукта цистерну необходимо очистить и промыть.

Для исключения излишних перевозок и перемешивания нефтепродукты вначале завозят на бригадные посты заправки.

При хранении нефтепродукты одной марки сливают в одну и ту же емкость. Смешивание различных марок ТСМ не допускается.

1.8.2. Организация заправки машин и учета нефтепродуктов

Заправку ТСМ машин организует само сельскохозяйственное предприятие. Наиболее рациональны следующие способы снабжения машин нефтепродуктами:

– снабжение с центральной нефтебазы сельскохозяйственного предприятия при помощи передвижных заправочных агрегатов;

– заправка при помощи стационарных устройств (пунктов), установленных на пункте ТО бригады;

– снабжение с нефтесклада отделения при помощи специальных механизированных или временно оборудованных передвижных заправочных агрегатов.

Тракторы, работающие вблизи бригады на расстоянии до 2 км, заправляют на стационарном пункте заправки, а остальные – с помощью передвижного механизированного заправочного агрегата. Схема движения агрегата в течение дня сводится в основном к двум вариантам:

1. База ночной стоянки агрегата – центральный склад – работающие тракторы – усадьба бригады – база стоянки.

2. База ночной стоянки агрегата – работающие тракторы – усадьба бригады – база стоянки.

Агрегат заправляет тракторы и комбайны примерно в следующей последовательности:

– тракторы, комбайны на стане бригады, прошедшие ТО;

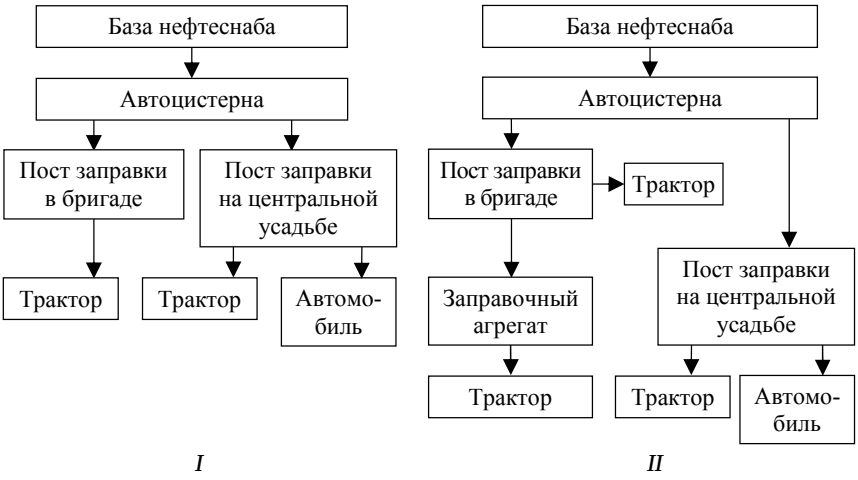
– тракторы, комбайны, работающие в одну смену, на месте их стоянки;

– тракторы, работающие в две смены, на месте их работы в поле;

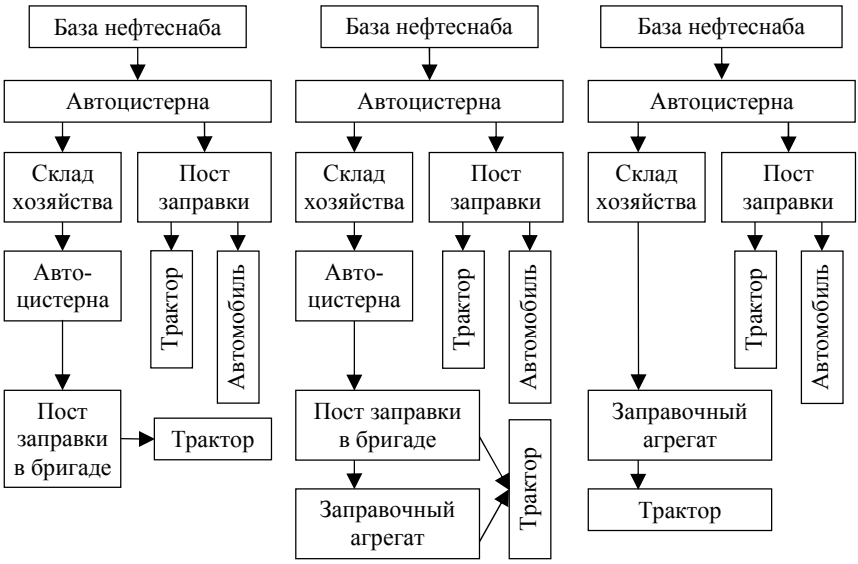
– остальные машины, механизмы, стационарные установки, расположенные на бригадном машинном дворе.

Примерные схемы (*I*–*V*) снабжения предприятия ТСМ приведены на рис. 1.27.

Количественный учет нефтепродуктов ведут в единицах массы (килограммах). Только при заправке автомобилей количественный учет ведут в объемных единицах (литрах).



а



б

Рис. 1.27. Примерные схемы (*I–V*) организации снабжения нефтепродуктами сельскохозяйственного предприятия и заправка машинно-тракторных агрегатов: *а* – без центрального склада; *б* – с центральным складом

Для замера объема ТСМ при заправке машин применяют колонки, снабженные счетчиками (погрешность составляет ±0,5 % для бензина, ±1 % для дизельного топлива (ДТ) и масла).

После каждой заправки заправщик делает отметку в лимитно-заборной карте или раздаточной ведомости, а тракторист (водитель) расписывается. Количество выданного топлива заправщик указывает в путевом листе.

Если для контроля сроков проведения технического обслуживания используют талонные лимитные книжки, то также делается отметка или изымаются талоны (жетоны). После израсходования трактором лимита топлива он направляется на ТО.

В установленные сроки заведующий нефтехозяйством составляет отчет (в двух экземплярах) о движении ТСМ и предоставляет вместе с первичными документами в бухгалтерию сельскохозяйственного предприятия.

Сбор и использование отработанных ТСМ. С целью экономии ТСМ и предотвращения загрязнения окружающей среды все отработанные нефтепродукты должны быть собраны и подвергнуты регенерации к повторному использованию. При правильной организации можно собрать 20 % и более масла от свежего.

Сбор отработанных масел производят по трем группам:

– ММО – масла моторные отработанные;

– МИО – масла индустриальные отработанные;

– СНО – смеси отработанных нефтепродуктов (масел, бензина, керосина, дизельного топлива).

В собранных отработанных нефтепродуктах содержание механических примесей не должно превышать 2 %–3 %, воды – не более 4 %–5 %.

Сбор отработанных масел на сельскохозяйственном предприятии организуют на ПТО или в ремонтных мастерских в три емкости с указанием вида нефтепродуктов. Масла сливают в емкости через воронку, имеющую сетку с ячейкой 1 $см^2$.

1.8.3. Потери нефтепродуктов при их выдаче и хранении. Пути сокращения потерь и экономного расходования топливно-смазочных материалов

Все потери нефтепродуктов можно разделить на три основных вида:

– *количественные* (неисправность резервуаров, арматуры, трубопроводов, случайный разлив);

– *качественные* (загрязнение примесями и изменение физико-химических свойств);

– *качественно-количественные* (от испарения).

Потери происходят:

– *при транспортировке* – в основном от негерметичности автоцистерн, неисправности арматуры, перекачивающих устройств, дыхательного клапана (1 капля/с ≈ 4 кг/сут ≈ 1,5 т/год);

– *при хранении* – из-за разлива и испарения (неисправность трубопроводов, насосных установок, кранов, пробок, дыхательных клапанов, задвижек и другого оборудования, а также переполнение резервуаров, «малые дыхания» от нагрева и охлаждения цистерн (через отверстие 1 $см^2$ за солнечный день испаряется 60 л бензина)). Эти потери зависят от состояния нефтесклада и его оборудования. Наземные емкости должны быть окрашены в светлые тона и максимально заполнены, желательно с избыточным давлением. В жару их можно опрыскать водой и поместить в тень (высадить деревья);

– *при заправке* – от испарения, разбрызгивания и случайного разлива. Для сокращения потерь заправку необходимо проводить через колонки. Баки машин следует заполнять на 90 %–95 %. Желательно использовать раздаточные краны с автоматическим закрыванием в момент заполнения;

– *при использовании неисправных и неотрегулированных агрегатов*. Такие потери очень значительны. Неисправная форсунка или свеча приводит к увеличению удельного расхода топлива на 20 %–30 %; неправильно установленный угол опережения подачи топлива (зажигания) увеличивает удельный расход топлива на 8 %–11 %, снижение температуры охлаждающей жидкости до 50 °С – на 22 %–25 %. Работа агрегата с затупленными лемехами, лапами приводит к увеличению расхода топлива на 30 %–50 %, а работа с недогрузкой – до 10 %.

Уменьшения потерь при ТО достигают за счет повторного использования отфильтрованного топлива.

В целях экономного расходования ТСМ применяют материальное стимулирование работников (табл. 1.33). Премирование и удержание производят ежеквартально.

Таблица 1.33

Материальное стимулирование за экономию ТСМ

Должность	Выплачивается при экономии, % от нормы	Удерживается при перерасходе, % от нормы
Тракторист	70	50
Бригадир	7	10

Окончание таблицы 1.33

Должность	Выплачивается при экономии, % от нормы	Удерживается при перерасходе, % от нормы
Мастер-наладчик	5	–
Заправщик	3	5
Слесарь по регулировке топливной аппаратуры	5	–
Водитель автомобиля	95	100

1.8.4. Техническое обслуживание оборудования нефтехозяйств

Правила технического обслуживания нефтескладского оборудования разработаны в соответствии с принятой в сельском хозяйстве планово-предупредительной системой. Они включают весь комплекс работ по техническому обслуживанию стационарного оборудования складов (очистительно-моечных, контрольно-регулировочных, крепежных, смазочных), проводимых в обязательном порядке по графику.

Неисправности, возникающие в процессе эксплуатации между плановыми обслуживаниями, устраняют по разовым заявкам сельскохозяйственных предприятий.

Ежесменное техническое обслуживание включает подготовку оборудования к работе, контроль герметичности всех соединений, работоспособности измерительных устройств, а также прослушивание работы всех агрегатов. У маслораздаточных колонок проверяют работоспособность включающего устройства и автоматического выключателя. Все работы, связанные с ЕТО, возлагают на работников нефтесклада или поста заправки.

При *первом техническом обслуживании* кроме проведения очистительных работ проверяют и при необходимости регулируют натяжение приводных ремней; надежность контактных зажимов и крепления агрегатов; давление, создаваемое насосом; подачу насоса; погрешность измерителя объема; работу газоотделителя, дыхательного клапана и раздаточного крана; при необходимости промывают или заменяют фильтроэлементы при перепаде давления на фильтре более 0,12 МПа.

При *втором техническом обслуживании* на заправочном оборудовании проверяют работу насоса и электродвигателя, заменяют при необходимости лопатки ротора насоса и смазку подшипников; проверяют работу отсчетного устройства, обращая особое внимание на работоспособность механизма возврата стрелок или роликов в нулевое положение. Из резервуаров сливают нефтепродукты, очищают и промывают их от загрязнений, проверяют на герметичность в соответствии с требованиями ТУ на данный тип резервуара. При необходимости подкрашивают оборудование.

Периодичность номерного обслуживания заправочного оборудования задают по количеству отпущенного нефтепродукта или по времени (табл. 1.34).

Таблица 1.34

Периодичность технического обслуживания оборудования нефтехозяйств

Наименование оборудования	ЕТО	ТО-1	ТО-2
Топливо- и маслораздаточные колонки	В начале рабочего дня	Не реже 1 раза в 3 месяца	Не реже 1 раза в 6 месяцев
Приемо-раздаточные стояки			
Резервуары с дизельным топливом		Через каждые 6 месяцев	1 раз в год
Резервуары с бензином			1 раз в 2 года

Так, ТО-1 проводят после отпуска 200 тыс. л нефтепродукта, но не реже 1 раза в 3 месяца; ТО-2 – в 2 раза реже. Периодичность технического обслуживания резервуаров задают по времени: ТО-1 проводят через каждые 6 месяцев независимо от вида хранимого нефтепродукта, ТО-2 для резервуаров с дизельным топливом – 1 раз в год, для резервуаров с бензинами и маслами – 1 раз в 2 года. Кроме того, ТО-2 проводят каждый раз при смене сорта нефтепродукта в резервуаре.

Особенность технического обслуживания топливо- и маслораздаточных колонок, приемо-раздаточных устройств в том, что они подлежат метрологическому контролю, который осуществляют работники Гостехнадзора, имеющие на это право. Они входят в состав специализированного звена по обслуживанию нефтехозяйств сельхоз-

предприятий. Специализированное звено состоит, как правило, из двух-трех человек и выполняет операции ТО-1 и ТО-2 оборудования нефтехозяйств по заявкам предприятий одного района. Основные технические средства звена: передвижная мастерская «Нефтесервис» МПР-12449-ГОСНИТИ или МПР-7360-ГОСНИТИ. При зачистке и промывке резервуаров используют моечную установку ОМ-12505-ГОСНИТИ.

1.9. Организация хранения сельскохозяйственной техники

Особенность эксплуатации сельскохозяйственной техники состоит в периодичности ее использования, т. е. интенсивная эксплуатация чередуется с последующим длительным хранением, при котором происходит коррозионное разрушение поверхностей деталей машин и их структурные изменения.

Сельскохозяйственные машины участвуют в работе от 0,5 до 4,0 месяцев в году, т. е. лишь 4 %–30 % годового фонда рабочего времени.

При длительном хранении изменяются размеры и качество поверхностей деталей вследствие коррозии, структурных превращений и остаточных деформаций от собственного веса машин, происходит снижение работоспособности. Основной фактор снижения работоспособности машин при хранении – коррозия металлов.

Коррозийный износ при хранении сельхозмашин вызывают следующие факторы:

– *физические*: перепады температуры, барометрического давления, солнечная радиация в виде солнечных лучей, вибрация, постоянные и переменные напряжения, радиоактивные излучения и др.;

– *химические*: атмосферные осадки в виде дождя, инея, снега, льда, тумана; остатки удобрений, пестицидов, агрессивных растворов; газовых загрязнений воздуха, особенно наличие в атмосфере сернистого газа, диоксида азота, углекислого газа, аммиака, хлора и др.;

– *биологические*: микроорганизмы окружающей среды, использующие металлы как питательную среду или выделяющие продукты, разрушающие металл (наиболее агрессивны сульфатредуцирующие бактерии);

– *организационные*: несвоевременная подтяжка, регулировка и доставка машин к местам хранения, просрочка с проведением работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Скорость процесса коррозии зависит от агрессивности среды, продолжительности ее воздействия; температуры воздуха; состояния поверхности металла (состав и структура защитной пленки), химического состава металла и наличия механических напряжений; особенностей конструкции (наличие сварных швов, болтовых и заклепочных соединений, сочетание отдельных элементов, образующих полости и щели, в которых конденсируется влага).

Машины можно хранить в закрытых помещениях или под навесом. Допускают хранение машин и на открытых оборудованных площадках, при этом все работы по консервации, герметизации и хранению составных частей машин, требующих складского хранения, должны быть выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 7751–2009.

1.9.1. Виды и способы хранения машин

Существует три вида хранения: межсменное (нерабочий период не более 10 дней); кратковременное (от 10 дней до 2 месяцев); длительное (более 2 месяцев).

На *кратковременное хранение* машины устанавливают, как правило, комплектно, без снятия с них агрегатов, узлов и деталей. При этом машины можно хранить в закрытом помещении, под навесом и на открытых площадках. Перед установкой машин на хранение проводят ТО. Топливную систему заполняют топливом полностью. В холодное время года удаляют воду из системы охлаждения.

Длительное хранение машин организуют после окончания сезона их использования, а также в периоды, когда перерыв в работе продолжается более 2 месяцев.

Известно три основных способа хранения тракторов, комбайнов и сельхозмашин в нерабочие периоды: закрытый, открытый и комбинированный.

В зависимости от принятого способа хранения меняется содержание подготовительных работ, проводимых до начала и в период хранения, однако в любом случае машина должна быть соответствующим образом к нему подготовлена. Выбор способа хранения обуславливается конструктивными особенностями машин, природно-климатическими условиями, а также возможностью выделения ресурсов на строительство закрытых помещений.

Закрытый способ хранения машин дает возможность наиболее полно предохранить машину от атмосферных воздействий и разукомплектования, но требует вложения значительных средств для строительства помещений.

При *открытом способе* хранения машины хранят под навесом или на открытой площадке.

Наиболее распространен третий, *комбинированный способ* хранения, при котором машины хранят в закрытом помещении, особенно машины, имеющие детали, изготовленные из текстильных и резиново-текстильных материалов, древесины и других легко портящихся материалов. Простейшие же машины, например почвообрабатывающие (плуги, бороны, сцепки), обычно хранят на открытых площадках.

Площадь зоны хранения машин на открытых площадках (в метрах квадратных) с твердым покрытием определяют по формуле

$$F = \left(1 + \frac{\delta}{100}\right)\left(1 + k_{\text{ср}}\right)F_1 + F_2 + F_3, \qquad (1.34)$$

где δ – процент резервной площади (до 5 %);

$k_{\text{ср}}$ – средний коэффициент использования площади полос, на которых установлены машины (0,62–0,92);

F_1 – площадь предназначенных для хранения машин, рассчитанная по их габаритным размерам, м^2;

F_2 – площадь проездов между рядами машин, м^2;

F_3 – площадь зоны озеленения и изгороди, м^2.

1.9.2. Материально-техническая база для хранения техники. Организация технического обслуживания при постановке машин на хранение, хранении и снятии с хранения

Машинный двор сельскохозяйственного предприятия – обособленный участок ремонтно-обслуживающей базы (РОБ) с комплексом зданий и сооружений, предназначенных для обеспечения наиболее благоприятных условий обслуживания и хранения техники.

В зависимости от размеров сельскохозяйственного предприятия, количества техники и условий ее базирования РОБ подразделяют

на три типа: А, Б, В. Каждый тип РОБ предусматривает различные способы хранения техники и оборудования.

Машинный двор должен соответствовать требованиям ГОСТ 7751–2009 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения».

Основные современные требования к машинному двору:

– машинный двор должен включать полный комплекс необходимых производственно-технических объектов для осуществления ремонта, технического обслуживания и хранения имеющейся на сельскохозяйственном предприятии (в организации) техники;

– машинный двор должен создаваться в соответствии с требованиями ГОСТ 7751–2009 и с учетом количества и условий эксплуатации сельскохозяйственной техники на предприятии (в организации);

– въезд на машинный двор должен быть оформлен с указанием названия сельскохозяйственного предприятия, схем размещения объектов машинного двора, движения транспорта и т. д.;

– каждое производственное помещение, участки в нем, стоянки, сектор хранения, площадка для хранения металлолома и утильной резины (шин) должны быть обозначены табличками с названием по предназначению, размерами и надписями, позволяющими видеть их издалека;

– машинный двор должен быть огорожен по периметру и иметь два выхода – основной и аварийный;

– территория машинного двора должна быть спрофилирована с уклоном 2°–3° по направлению к водоотводным каналам, должна быть ровной, с четко выделенными зонами, секторами и площадками;

– в состав машинного двора должны входить: контрольно-пропускной пункт; ремонтная мастерская; пункт технического обслуживания тракторов и автомобилей; склад запасных частей; технический обменный пункт; стоянки, площадки (гаражи) для рабочей техники (тракторов, автомобилей и задействованных сельскохозяйственных машин); площадка для хранения металлолома и утильных шин; сектор хранения (отдельно отгороженный); нефтебаза (склад ГСМ); площадка для очистки техники и наружной мойки;

– сектор хранения должен включать: помещения (гаражи, сараи, навесы) и площадки с твердым покрытием или профилированные для хранения техники; пост (пункт) консервации сельскохозяйственной

техники; площадку для комплектования, регулировки и настройки машин и агрегатов; погрузочно-разгрузочную площадку, оборудованную грузоподъемными механизмами; склад для хранения составных частей, снимаемых с машин для длительной их консервации; площадку для хранения, разборки и дефектовки списанной техники;

– сектор хранения должен иметь противопожарное оборудование и инвентарь (противопожарные щиты, ящики с песком и т. д.). Таким же образом должны быть оборудованы и другие объекты машинного двора;

– поверхности открытых площадок в секторе хранения должны быть ровными, с уклоном 2°–3° по направлению к водоотводным каналам, расположенным по периметру сектора. Площадки должны иметь твердое сплошное покрытие или в виде отдельных полос, способное выдерживать нагрузку передвигающихся и находящихся на хранении машин. Размер открытых площадок определяют количеством и габаритными размерами машин с учетом интервалов между машинами не менее 0,7 м и расстоянием между рядами не менее 6 м. На площадках и в секторе хранения должны отсутствовать сорняки, производственный мусор и т. д.;

– площадка для очистки техники и наружной мойки должна располагаться при въезде на машинный двор (вне территории) или в углу машинного двора, что исключает его подтопление и разнос грязи и мусора, и иметь оборотное водоснабжение;

– пост (пункт) консервации должен обеспечивать техническое обслуживание крупногабаритной техники. Его рабочие места должны быть укомплектованы оборудованием и приспособлением для проведения всех технологических операций подготовки техники к хранению и консервации;

– склад для хранения снимаемых узлов должен быть расположен возле поста (пункта) консервации (или сблокирован с ним) и оснащен стеллажами, вешалками, подставками для хранения составных частей. Каждая составная часть, узел, агрегат должны иметь бирку с указанием, с каких машин они сняты на длительное хранение;

– закрытые помещения и навесы должны быть приспособлены для заезда в них сложной крупногабаритной сельскохозяйственной техники, обеспечивать изоляцию хранящихся машин от атмосферных осадков;

– площадка для регулирования и настройки машин и комплектования агрегатов должна быть расположена на выезде с машинного двора, иметь нивелированную поверхность, необходимую разметку, оборудование, приспособления, шаблоны;

– на машинном дворе техника, не участвующая в работе, должна храниться в соответствии с требованиями ГОСТ 7751–2009;

– на машинном дворе или рядом с ним должно быть четко определено место (площадка) для хранения личной техники, на которой его работники прибыли на работу;

– въезд постороннего транспорта на машинный двор и посещение посторонними лицами недопустимы.

При хранении машин в закрытых помещениях и под навесами расстояние между машинами в ряду должно составлять не менее 0,7 м, а минимальное расстояние между рядами – 1,0 м.

Размер открытых площадок определяют количеством и габаритными размерами машин. Машины размещают на обозначенных местах по группам, видам и маркам. Как правило, ширина полос при однорядном размещении на них машин должна составлять 2–3 м, а при двухрядном – 4–6 м.

Площадки для длительного хранения должны находиться на расстоянии не менее 50 м от жилых и производственных зданий и не менее 200 м от огнеопасных объектов. Площадки должны располагаться так, чтобы направление господствующих ветров приходилось вдоль рядов машин.

Машинный двор должен быть огорожен по периметру, озеленен, обеспечен электроэнергией и водой.

1.9.3. Контрольно-диагностические операции при хранении машин

Перед постановкой машины на хранение ее очищают от пыли, грязи, подтеков масла, растительных и других остатков, удобрений и пестицидов.

При хранении машины *в закрытом помещении* составные части (кроме аккумуляторной батареи (АКБ) допускается не снимать с машин при условии их консервации и герметизации.

При хранении машин *на открытых площадках* снимают, подготавливают к хранению и сдают на склад: электрооборудование (АКБ, генераторы, фары и др.); втулочно-роликовые цепи; приводные ремни;

составные части из резины, полимерных материалов и текстиля (шланги гидросистем, резиновые семяпроводы и трубопроводы, тенты, мягкие сиденья, полотняно-планчатые транспортеры и др.); стальные тросы, ножи режущих аппаратов; инструмент и приспособления.

К снятым составным частям прикрепляют бирки с указанием хозяйственного номера машины. Материалы, применяемые при хранении машин, приведены в табл. 1.35, 1.36.

Таблица 1.35

Применяемые моющие и очищающие средства

Наименование средства	Назначение
Синтетическое моющее средство (СМС):	
– «Комплекс», «Лабомид-101», «Лабомид-102», МС-6, «Диас»	Для удаления масляно-грязевых отложений
– «Аэрол», МЛ-72	Для удаления масляно-грязевых отложений в пароводоструйных очистителях
– «Темп-100», «Темп-101А», МС-8, «Лабомид-203»	Удаление масляно-грязевых и асфальто-смолистых отложений
Растворяюще-эмульсирующие средства (РЭС):	
– АМ-15, «Лабомид-315»	Удаление масляно-грязевых и асфальто-смолистых отложений
– «Ритм», «Виол», МСЖ	Удаление загрязнений молочного оборудования
Смесь щелочно-солевого расплава:	
– оксид натрия, натрий азотнокислый, хлорид натрия	Удаление нагаров и накипи
– кислота соляная ингибированная	Удаление накипи и продуктов коррозии
– раствор едкого натрия	Удаление старых лакокрасочных покрытий

Таблица 1.36

Материалы, используемые при хранении машин

Наименование и марка материала	Назначение материала, срок действия	Рекомендуемый способ нанесения, приготовления
Микровосковые составы:		
– на водной основе (ЗВВД-13)	Для наружной консервации окрашенных и неокрашенных металлических поверхностей и предохранения резино-текстильных материалов от старения. Срок защитного действия при открытом хранении – до 12 месяцев	Распылением, кистью, погружением
– на органической основе (ПЭВ-74)	Для наружной консервации окрашенных и неокрашенных металлических поверх-ностей. Срок защитного действия при закрытом хранении – 6 месяцев, при открытом – 12 месяцев	Распылением, кистью, погружением
Смазка ПВК	Для наружной консервации металли-ческих поверхностей. Срок защитного действия при открытом хранении – до 1,5 лет	Распылением, кистью, погружением в нагретом до 80 °С–90 °С состоянии. Можно разбавить обезвоженным отфильтрованным минеральным маслом (моторным, веретённым) в соотношении 1:1 или 1:2

Продолжение таблицы 1.36

Наименование и марка материала	Назначение материала	Рекомендуемый способ нанесения, приготовления
Битум нефтяной строительный БН-IV, БН-V	Для наружной консервации рабочих органов. Срок защитного действия при открытом хранении гружением – 10–12 месяцев	Распылением, кистью, погружением. Битум растворяют в любом неэтилированном бензине в соотношении 1:2 или 1:3 и добавляют 1 %–2 % олифы
Смазка К-17, К-19	Для внутренней консервации металлических поверхностей, а также наружной консервации при хранении в закрытом помещении или под навесом. Срок защитного действия при закрытом хранении – до 1,5 лет	Заливом, распылением
Масло НГ-203А, НГ-203Б	НГ-203А – для наружной консервации металлических поверхностей при закрытом хранении, НГ-203Б – для внутренней консервации металлических поверхностей. Срок защитного действия при закрытом хранении – до 1,5 лет	Распылением, кистью, заливом
Масло НГ-204, НГ-204У	Для наружной консервации металлических поверхностей при открытом и закрытом хранении. Срок защитного действия при закрытом хранении – до 1,5 лет, при открытом – до 2 месяцев	Распылением, кистью, погружением

Продолжение таблицы 1.36

Наименование и марка материала	Назначение материала	Рекомендуемый способ нанесения, приготовления
Тонкопленочное покрытие ИГ-216	Для наружной консервации при открытом хранении. Срок защитного действия – до 3 лет	Распылением, кистью, погружением
Солидол синтетический	Для наружной консервации металлических поверхностей и заполнения точек смазки. Срок защитного действия при закрытом хранении – до 12 месяцев, при открытом – 2 месяца	Кистью, тампоном. Точки смазки заполняют солидолонагнетателем
Вазелин ветеринарный	Для наружной и внутренней консервации неокрашенных поверхностей оборудования для первичной обработки молока, вступающих в непосредственный контакт с ним. Срок защитного действия при закрытом хранении – до 12 месяцев	Кистью, тампоном
Присадка АКОР-1	Для внутренней консервации двигателей, трансмиссии, редукторов и подобных механизмов. Срок защитного действия – до 1,5 лет	Добавлением 5 % присадки к требуемому количеству рабочего масла, заливаемого в агрегат. Смесь готовят в отдельной емкости. Присадку добавляют к рабочему маслу в нагретом до 60 °С состоянии

Окончание таблицы 1.36

Наименование и марка материала	Назначение материала	Рекомендуемый способ нанесения, приготовления
		при интенсивном перемешивании до получения однородной смеси. Приготовленную смесь заливают в агрегат и дают ему поработать в течение 5 мин. Запрещается заливать присадку непосредственно в агрегат, т. к. вследствие высокой вязкости и прилипаемости она останется на стенках заливных горловин и не смешается с рабочим маслом
Снимающиеся полимерные покрытия ЛСП	Для наружной консервации стальных поверхностей, в т. ч. с металлическими и неметаллическими неорганическими покрытиями, а также поверхностей из цветных металлов, кроме меди. Срок защитного действия при открытом хранении – до 2 лет	Распылением, кистью, погружением
ЗИП	Для наружной консервации стальных поверхностей, в т. ч. с металлическими и неметаллическими неорганическими покрытиями. Срок защитного действия при открытом хранении – до 3 лет	Погружением в расплав при температуре 170 °С–180 °С

Особенности консервации и хранения отдельных узлов

Двигатели. Масло, которое отработало свой срок, заменяют. Его сливают, промывают систему смазки и заправляют свежее ингибированное масло. Если масло не отработало свой срок, его сливают, отстаивают, затем добавляют 5 % присадки АКОР-1, перемешивают и заливают в двигатель.

В топливный насос заливают свежее ингибированное масло.

В топливный бак заливают рабоче-консервационную смесь (дизельное топливо + 5 % АКОР-1) из расчета на 8–10 мин работы. Запускают двигатель и дают поработать ему 5–8 мин. Отключают подачу топлива и прокручивают кривошипно-шатунный механизм 10–15 с стартером (пусковым двигателем). Затем через отверстие для свечи в цилиндр пускового двигателя заливают 30–40 г моторного масла. Герметизируют все отверстия, закрывают двигатель чехлом.

Аккумуляторы. Новые хранятся без электролита, бывшие в эксплуатации полностью заливают электролитом и хранят заряженными в неотапливаемом вентилируемом помещении.

При межсменном и кратковременном хранении аккумуляторы только отключают.

Резинотехнические изделия. Их необходимо вымыть теплой мыльной водой и высушить. Сильно загрязненные места перед мойкой желательно протереть неэтилированным бензином. После сушки изделия обрабатывают тальком и хранят в темных вентилируемых помещениях на вешалках или стеллажах.

При хранении на открытых площадках шины и шланги гидросистемы покрывают алюминиевой краской или мелоказеиновым составом (мел – 75 %, казеиновый клей – 20 %, гашеная известь – 4,5 %, фенол – 0,25 %, кальцинированная сода – 0,25 %). Шины разгружают до 70 % номинального давления, машину ставят на подставки, чтобы колеса находились на расстоянии 8–10 см от земли. Шланги гидросистемы можно обернуть парафинированной бумагой, пленкой.

Втулочно-роликовые цепи. Их очищают, промывают, выдерживают не менее 20 мин в подогретом до 80 °С–90 °С моторном масле и скатывают в рулон. При закрытом хранении ставят на машины. Допускается хранение в закрытых ваннах погруженными в отработанное моторное и трансмиссионное масло. Крючковые цепи хранят аналогично, кроме выдержки в подогретом масле.

Ножи режущих аппаратов. Их очищают, смазывают и хранят в деревянных чехлах или на стеллажах, чтобы не допустить прогиба.

Тросы. Очищают, покрывают защитной смазкой и сворачивают в мотки.

Пружины в натяжных механизмах. Их ослабляют, рычаги ставят в нейтральное положение.

Поврежденные окрашенные поверхности окрашивают, неокрашенные – покрывают консервационными материалами, предохраняющими от коррозии.

Все отверстия закрывают крышками или заглушками. Сливные краны системы охлаждения не закрывают. Снятые узлы и агрегаты хранят на стеллажах.

1.9.4. Организация и технология работ на машинном дворе

Перед постановкой машин на длительное хранение должна быть проведена проверка их технического состояния с применением при необходимости средств технической диагностики.

Техническое обслуживание машин *при подготовке к длительному хранению* включает: очистку и мойку машин; доставку машин на закрепленные места хранения; снятие с машин составных частей, подлежащих хранению на специально оборудованных складах; герметизацию отверстий (после снятия составных частей), щелей полостей от проникновения влаги, пыли; установку машин на подставки (подкладки).

При техническом обслуживании машин *в период хранения* необходимо контролировать: правильность установки машин на подставках или подкладках (устойчивость, отсутствие перекосов, прогибов); комплектность (с учетом снятых составных частей машины, хранящихся на складе); давление воздуха в шинах; надежность герметизации (состояние заглушек и плотность их прилегания); состояние антикоррозионных покрытий (наличие защитной смазки, целостность окраски, отсутствие коррозии); состояние защитных устройств (целостность и прочность крепления чехлов, ящиков, щитов, крышек).

Техническое обслуживание машин *при снятии с хранения* включает: снятие машин с подставок (подкладок); очистку и при необходимости расконсервацию машин, составных частей; снятие герметизирующих устройств; установку на машины снятых составных частей, инстру-

мента и приспособлений; проверку и регулировку составных частей и машины в целом; очистку, консервацию (или окраску) и сдачу на склад подставок, заглушек, чехлов, бирок и т. п.

Работы, связанные с ТО машин при хранении, производят под руководством лица, ответственного за хранение машин. Операции ТО при хранении выполняют на основе типовых технологических карт, в которых описан технологический процесс. Форма технологической карты постановки на хранение или снятия машины с хранения представлена в табл. 1.37.

Таблица 1.37

Технологическая карта

Технологическая карта _____

Трудоемкость _____ ч

Исполнители _____

Содержание операции	Схемы, рисунки	Технологические требования	Оборудование, приборы, приспособления, инструменты, материал

1.9.5. Ведение технической документации и контроль качества хранения сельскохозяйственной техники

Основными документами, регламентирующими показатели хранения техники, являются: ГОСТ 7751–2009 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения»; «Требования к машинному двору»; «Руководство по консервации и противокоррозионной защите машинно-тракторного парка»; технологические карты по хранению машин.

При поступлении новой машины заведующий оформляет инвентарную карточку, которую хранят на машинном дворе до списания машины. При приемке сложной сельскохозяйственной техники на хранение оформляют акт постановки машины на хранение (рис. 1.28).

Акт составляют в двух экземплярах: один хранят у ответственного за хранение (заведующий машинным двором (35 и более тракторов и самоходных машин), в бригадах (отделениях) – руководитель (заместитель) производственного подразделения), второй – в бухгалтерии. Акт является документом для расчета с механизатором.

АКТ
постановки машины на хранение

№ _____ «___» _____ 20__ г.

Мы, нижеподписавшиеся, составили акт в том, что _____
(должность, Ф. И. О.)
сдал(а), а ответственный за хранение _____
(должность, Ф. И. О.)
принял _____
(наименование, марка, инвентарный номер машины
_____
и ее техническое состояние: на ходу, требует ремонта, подлежит списанию)

Характеристика основных сборочных единиц и деталей:

Наименование	Подлежит замене	Требует		Примечание
		ремонта	технического обслуживания	

При постановке машины на хранение:
а) сданы на склад:

Наименование сборочных единиц и деталей, инструмента	Количество

б) отсутствует: _____

Качество подготовки, установки машины и ее консервации:
_____
(фактическое соответствие требованиям стандарта)
Сдал _____
(подпись)
Принял _____
(подпись)

Примечание. Акт составлен в двух экземплярах: один хранится у ответственного за хранение, второй – в бухгалтерии и является документом для расчета с механизатором.

Рис. 1.28. Акт постановки машины на хранение

На каждую сельскохозяйственную машину, требующую ремонта, составляют дефектовочную ведомость.

После постановки на хранение или выдачи с машинного двора несложных сельскохозяйственных машин делают соответствующие записи в журнале учета постановки машин на хранение и приема их в эксплуатацию. В процессе хранения сельскохозяйственной техники необходим периодический контроль состояния хранящейся техники. При хранении на открытых площадках и под навесом проверку проводят раз в месяц. Немедленной проверке подвергаются машины после сильных снегопадов, ливневых дождей и т. п.

Результаты периодических осмотров и проверок регистрируют в журнале проверок технического состояния машин в период хранения (рис. 1.29).

Дата проверки	Наименование, марка машины	Инвентарный хозяйственный номер	Замеченные недостатки и меры, принятые по их устранению	Подписи	
				Выполнил техническое обслуживание (должность, Ф. И. О.)	Проверил (ответственный за хранение, Ф. И. О.)
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*

Рис. 1.29. Журнал проверок технического состояния машин в период хранения

При выдаче сложных машин с машинного двора после хранения составляют акт приемки машины в эксплуатацию (рис. 1.30).

От правильного хранения техники во многом зависит срок службы машин, расход запасных частей и материалов. Перед специалистами сельского хозяйства возникает задача правильно оценить качество хранения техники. В связи с этим необходим комплекс оценочных показателей, позволяющих объективно подойти к оценке качества хранения машин в хозяйстве.

В основу методики оценки качества хранения сельхозтехники положен перечень мероприятий, разработанных в соответствии с ГОСТ 7751–2009 (табл. 1.38). Каждое мероприятие имеет свой оценочный коэффициент (коэффициент значимости). Наибольшая сумма всех максимально возможных значений коэффициентов, являющихся эталоном, для рассматриваемой модели равна 8,4 и принята за 100 %.

АКТ
приема машины в эксплуатацию

№ _____ «___» _____ 20__ г.

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт в том, что ответственный за хранение _____
(должность, Ф. И. О.)
сдал(а) _____
(должность, Ф. И. О.)
принял _____
(наименование, марка, инвентарный номер машины)
Техническое состояние _____
(новая, после ремонта,
_____
требует ремонта, технического обслуживания и т. д.)

Машина укомплектована следующим инструментом:

Наименование	Количество

Сдал _____
(подпись)
Принял _____
(подпись)

Примечание. Акт составлен в двух экземплярах: один остается у лица, выдавшего машину, второй – у принявшего машину.

_____ _____
(наименование сельскохозяйственного (должность)
_____ _____
предприятия) (подпись)

«___» _____ 20__ г.

Рис. 1.30. Акт приема машины в эксплуатацию

Таблица 1.38

Показатели качества хранения машин

Перечень мероприятий	Оценочный коэффициент
Наличие машинных дворов с полным комплексом зданий и сооружений	1,0
Наличие машинных дворов с твердым покрытием, навесами, гаражами	0,8

Продолжение таблицы 1.38

Перечень мероприятий	Оценочный коэффициент
Наличие машинных дворов с площадками с твердым покрытием	0,7
Наличие машинных дворов с профилированными площадками и навесами	0,6
Наличие только профилированных площадок	0,3
Наличие оборудования или приспособлений для нанесения антикоррозийных покрытий	0,3
Площадь поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий, обработанная и подвергнутая консервации:	
– 100 %;	0,8
– более 50 %;	0,6
– менее 50 %	0,2
Количество ослабленных натяжных ремней и пружин:	
– 100 %;	0,3
– более 50 %;	0,2
– менее 50 %	0,1
Количество сданных на склад изделий из резины и текстиля:	
– 100 %;	0,8
– более 50 %;	0,6
– менее 50 %	0,2
Количество покрытых светозащитным составом шлангов гидросистем и поверхностей шин:	
– 100 %;	0,5
– более 50 %;	0,3
– менее 50 %	0,1
Количество выступающих частей штоков гидроцилиндров, покрытых защитной смазкой:	
– 100 %;	0,6
– более 50 %;	0,4
– менее 50 %	0,2

Продолжение таблицы 1.38

Перечень мероприятий	Оценочный коэффициент
Количество машин, очищенных и установленных в горизонтальное положение на подставках:	
– 100 %;	0,4
– более 50 %;	0,3
– менее 50 %	0,2
Количество навесных орудий, установленных на подставках:	
– 100 %;	0,4
– более 50 %;	0,3
– менее 50 %	0,2
Количество отверстий, щелей, полостей, плотно закрытых крышкой:	
– 100 %;	0,7
– более 50 %;	0,5
– менее 50 %	0,3
Количество электрооборудования и аккумуляторов, сданных на склад:	
– 100 %;	0,9
– более 50 %;	0,6
– менее 50 %	0,3
Количество рабочих органов почвообрабатывающих машин, опущенных на деревянные подкладки и смазанных:	
– 100 %;	0,5
– более 50 %;	0,3
– менее 50 %	0,2
Количество ножей режущих аппаратов комбайнов и жаток, сданных на хранение:	
– 100 %;	0,6
– более 50 %;	0,4
– менее 50 %	0,2
Количество мотовил, снятых и установленных на хранение:	
– 100 %;	0,6
– более 50 %;	0,4
– менее 50 %	0,2

Окончание таблицы 1.38

Перечень мероприятий	Оценочный коэффициент
Сумма коэффициентов*	8,4, или 100 %
Фактическая сумма коэффициентов выполненных мероприятий	–
Показатель качества хранения (ПКХ), %	–

* Суммируются выделенные цифры.

На основании модели определяют сумму коэффициентов работ, выполненных на сельскохозяйственном предприятии, которую затем выражают в процентах и получают значение показателя качества хранения (ПКХ), достигнутое сельхозпредприятием или отдельным подразделением (бригадой, отделением и т. д.).

1.9.6. Расчет трудоемкости и состава специализированного звена по хранению техники

Сельскохозяйственные предприятия применяют две формы организации работ по хранению сельскохозяйственной техники – с частичной и полной специализацией.

При *частичной специализации* простые операции (наружная очистка и мойка машины, демонтаж деталей и узлов, сдаваемых на склад, установка машин на подставки или подкладки) выполняют механизаторы, а сложные (консервация узлов и деталей, установка заглушек, регулировочные и другие работы) – работники машинного двора и пункта технического обслуживания. При *полной специализации* механизаторы только сдают машины, а весь комплекс операций по подготовке и хранению, снятию с хранения, регулировке и комплектованию машин выполняют специализированные звенья пункта ТО или машинного двора.

Все операции по хранению машин наиболее целесообразно выполнять специализированными звеньями с применением бригадной, бригадно-постовой или постовой форм организации труда.

На машинном дворе выполняют следующие работы по хранению техники:

1. Прием машин на хранение:

– подготовка машин к хранению (очистка и мойка, демонтаж составных частей, консервация узлов);

– установка машин на места хранения;

– ТО машин при подготовке к хранению;

– ТО машин в период хранения;

– ТО машин при снятии с хранения и вводе в эксплуатацию.

2. Прием, сборка, предварительная регулировка и обкатка новых сельскохозяйственных машин:

– комплектование машин в агрегаты, регулировка и технологическая настройка машин и агрегатов;

– ремонт простых сельскохозяйственных машин и орудий;

– сдача сельскохозяйственной техники в ремонт и прием отремонтированных машин на хранение.

3. Выдача комплектных машин производственным участкам:

– разборка и дефектовка списанных тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин и оформление обменного фонда;

– изготовление различных подставок и нестандартизированных приспособлений, используемых при установке машин на хранение.

Специализированная служба машинного двора проводит все работы, связанные с обеспечением сохранности, а также подготовку сельскохозяйственной техники к сезонным полевым работам. Работники специализированного звена принимают машины от механизаторов после полевых работ, ставят машины на хранение, проводят ТО во время хранения, выдают машины для работы, ведут техническую документацию. Звено возглавляет заведующий машинным двором или бригадир. Дополнительно звено выполняет работы по сборке новой техники, поступающей в хозяйство. Исходя из объема работ определяют сроки постановки машин на хранение и трудоемкость полного объема работ по хранению техники. Для подсчета общей трудоемкости используют нормативы на подготовку к хранению машин различных марок (табл. 1.39).

Для машин новых марок, по которым нормативы не разрабатывались, объем работ принимают по аналогии с машинами, близкими по конструкции.

Таблица 1.39

Среднереспубликанские нормативы трудоемкости на хранение сельхозтехники

Наименование машин	Марка машины	Затраты труда, ч				Средний коэффициент охвата хранения, м
		Подготовка к длительному хранению	ТО в период хранения	Снятие с хранения	Всего	
Тракторы	«Беларус-3522»	18,20	0,70	7,6	27,0	0,4
	«Беларус-1523», «Беларус-1221»	17,60	0,60	7,2	25,4	0,6
	МТЗ-80/82	7,00	0,70	7,5	14,0	0,6
Тракторные прицепы	1-ПТС-2	1,61	0,16	0,4		0,6
	2-ПТС-4, 2-ПТС-6-8526	2,06	0,20	0,4		0,6
	1-ПТС-9Б	2,61	0,26	0,5		0,5
Прицепы-емкости	ПСЕ-Ф-12,5Б, ПСЕ-Ф-18	3,43	0,34	0,6		0,6
Комбайны:						
– зерноуборочные	СК-5 «Нива»	23,76	0,60	20,6	45,0	1,0
	ДОН-1500А	26,90	0,70	22,7	50,0	1,0
– кормоуборочные	КСК-100А	24,00	0,60	20,0	44,6	1,0
	КДП-3000 «Полесье-1500»	26,90	0,70	22,7	50,0	1,0
– картофелеуборочные	Л-601, Л-605	9,90	0,50	8,6	19,0	1,0
– льноуборочные	ЛКВ-4Т, «Русь»	–	–	–	5,0	1,0
– корнеуборочные	КС-6В	15,00	0,80	3,0	19,0	1,0
	МКП-6	20,20	0,50	13,0	34,0	1,0
Косилки самоходные	Е-303, Е-304	–	–	–	2,0	1,0

Продолжение таблицы 1.39

Наименование машин	Марка машины	Затраты труда, ч				Средний коэффициент охвата хранения, м
		Подготовка к длительному хранению	ТО в период хранения	Снятие с хранения	Всего	
Косилка-измельчитель	КИП-1,5	2,50	0,30	1,5	4,0	1,0
Косилки:						
– однобрусная	КС-Ф-2,1Б	1,00	0,20	0,5	1,7	1,0
– ротационная	КДН-210	1,50	0,20	0,5	2,2	1,0
Жатка	ЖСК-4В	4,20	1,20	3,1	9,0	1,0
Хедер	ХД-4-1200	5,00	2,00	4,0	11,0	1,0
Транспортировщик рулонов	ТР-5С	2,00	0,40	1,7	4,0	1,0
Плуги	ПЛН-5-35П, ПЛН-4-35П, ПЛП-3-40Б-2, ПЛН-3-35П	0,90	0,30	0,8	2,0	1,5
	ПГП-7-40	1,34	0,30	0,9	2,6	1,5
Агрегаты комбинированные	АКШ-7,2, АКШ-6	3,00	0,20	2,0	5,2	1,0
Лущильники дисковые	ЛДГ-5, ЛДГ-10	3,00	0,20	2,0	5,2	1,0
Бороны:						
– дисковые	БПД-7MW, Л-113 (МДТ-3), Л-111	1,30	0,20	1,0	2,5	1,0
– зубовые	Л-302 (БЗСС-1)	0,95	0,10	0,4	1,5	1,0
Катки	По типу ЗККШ-6, по типу ЗКВГ-1,4	0,50	0,10	0,3	0,9	1,0

Продолжение таблицы 1.39

Наименование машин	Марка машины	Затраты труда, ч				Средний коэффициент охвата хранения, м
		Подготовка к длительному хранению	ТО в период хранения	Снятие с хранения	Всего	
Культиваторы	ККС-12, КШП-8, КН-6,3	3,60	0,50	1,8	6,0	1,5
	КП-4, КПС-4	3,30	0,33	2,3	6,0	1,5
	КПН-3,6	2,30	0,40	1,6	4,3	1,5
	КЧН-5,4	3,30	0,33	2,3	6,0	1,5
	КЧН-1,8	2,30	0,40	1,6	4,3	1,5
Агрегаты для сплошной обработки почвы	АК-3,6	1,40	0,30	0,8	2,5	1,0
	АК-3	1,20	0,40	0,7	2,3	1,5
Сеялки:						
– зерновые	СЗ-3,6А	2,40	0,40	1,7	5,0	1,5
	СПУ-6	4,00	0,50	2,8	7,3	1,5
	СПУ-4	3,40	0,50	2,1	6,0	1,5
	СПУ-3	2,40	0,40	1,7	5,0	1,5
– свекловичные	ССТ-12Б, СТВ-12, СМН-12, ССТ-8	2,60	0,45	1,9	5,0	1,0
– для посева кукурузы	СУПН-8А, СТВ-8К	2,70	0,50	1,8	5,0	1,0
Картофелесажалки	Л-202, СК-4, Л-205	2,80	0,30	1,9	5,0	1,0
Опрыскиватели	«Мекосан 2000-18», ОТМ-2-3, «Зубр» ПВ-10, ОПВ-1200А	3,00	1,00	2,1	6,0	1,0
	По типу ОМ-630	6,40	0,70	4,5	11,6	1,0

Окончание таблицы 1.39

Наименование машин	Марка машины	Затраты труда, ч				Средний коэффициент охвата хранения, м
		Подготовка к длительному хранению	ТО в период хранения	Снятие с хранения	Всего	
Погрузчик-стогометатель	ПУ-Ф-0,5 (С-401)	2,50	0,40	2,0	5,0	1,0
Волокуши	ВТН-8, ВТН-6	0,70	0,20	0,5	3,0	1,0
Грабли-ворошилки	ГВЦ-3	2,50	0,30	1,5	4,0	1,0
Грабли-валкообразователи	ГВК-6 (Л-503), ГВБ-6,2	2,50	0,30	1,5	4,0	1,0
Льно-теребилки	ТЛН-1,5А, НТЛ-1,75	2,50	0,40	2,0	2,0	1,0
Молотилка-веялка	МВ-2,5	5,50	0,40	4,5	11,0	1,0
Картофелекопатели	КТН-2В, КСТ-1,4А	1,50	0,20	1,0	3,0	1,0
Погрузчик	ПКУ-0,8А	0,70	0,20	0,5	2,0	1,0

Среднегодовую численность рабочих машинного двора рассчитывают по формуле

$$Р = \frac{Т_г}{Ф_р}, \qquad (1.35)$$

где $Т_г$ – общая годовая трудоемкость работ, ч;

$Ф_р$ – годовой фонд времени одного рабочего:

$$Ф_р = Д_р T \tau, \qquad (1.36)$$

где $Д_р$ – количество рабочих дней за планируемый период ($Д_р$ = = 10,5 месяца в году);

T – продолжительность рабочего дня, ч;

τ – коэффициент использования времени смены (τ = 0,93–0,96).

Общую годовую трудоемкость работ $Т_г$ рассчитывают как сумму трудоемкостей по отдельным видам работ по всем группам машин:

$$T_г = T_{хр} + T_{ТР} + T_{дб} + T_{по} + T_{ка} + T_{рб}, \quad (1.37)$$

где $T_{хр}$, $T_{ТР}$, $T_{дб}$, $T_{по}$, $T_{ка}$, $T_{рб}$ – трудоемкость комплекса работ по техническому обслуживанию при хранении, текущему ремонту сельскохозяйственных машин, досборке новых комбайнов, переоборудованию машин, комплектованию и настройке машинно-тракторных агрегатов, разборке списанных машин соответственно.

Трудоемкость технического обслуживания при хранении $T_{хр}$ складывается из трудоемкостей работ по обслуживанию машин при подготовке их к хранению, при снятии с хранения и трудоемкости технического обслуживания в процессе хранения. При расчете $T_{хр}$ для конкретной марки машин необходимо учитывать коэффициент охвата хранением (коэффициент повторности постановки на хранение).

При определении трудоемкости текущего ремонта $T_{ТР}$ сельскохозяйственных машин количество машин и трудоемкость работ могут быть найдены двумя методами: количество машин, подлежащих ремонту, определяют по коэффициенту охвата ремонтом (по нормативам годовой трудоемкости проведения текущего ремонта по маркам машин) или на основании данных технического состояния по завершении их использования, а трудоемкость рассчитывают с учетом сложности ремонта с использованием укрупненных норм времени на проведение работ.

Общую трудоемкость досборки новых и разборки списанных машин $T_{дб}$ рассчитывают с использованием соответствующих нормативов, а при их отсутствии – устанавливают в размере 1,5–2,0 ч на 100 машино-часов тракторных полевых работ.

Трудоемкость комплектования агрегатов $T_{ка}$ планируют из расчета 3–5 ч на 100 машино-часов тракторных полевых работ, для зерновых комбайнов – 6 ч, кукурузоуборочных – 16 ч на одну машину за сезон работы; на модернизацию, изготовление приспособлений – 3,5 ч на 100 машино-часов работы тракторов и комбайнов. Количество рабочих машинного двора можно также установить согласно Положению о машинном дворе предприятий агропромышленного комплекса.

Для машинных дворов, на которых базируется вся техника сельскохозяйственного предприятия, численность работников определяют исходя из соотношения: один слесарь на 6–8 тракторов; для машинных дворов, на которых базируется сельскохозяйственная техника одного подразделения сельскохозяйственного предприятия, соотношение составляет 1:10; для машинных дворов, на которых сосредоточена только сложная техника, а остальные сельскохозяй-

ственные машины находятся в подразделениях предприятия, нужен один слесарь на 18–20 тракторов.

При коллективном подряде организуют и отрабатывают устойчивые производственные связи (рис. 1.31).



Рис. 1.31. Схема производственных связей машинного двора с подразделениями сельскохозяйственного предприятия

Разрабатывают положение об оплате труда и материальном стимулировании, устанавливают порядок формирования коллективных фондов заработной платы и премирования. Уточняют показатели оценки годовых итогов деятельности машинного двора, определяют порядок предъявления претензий и формы материальной ответственности за невыполнение хозрасчетных (договорных) обязательств. Устанавливают порядок материально-технического обеспечения.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Производство сельскохозяйственной продукции связано с выполнением разнообразных процессов и операций (рис. 2.1).

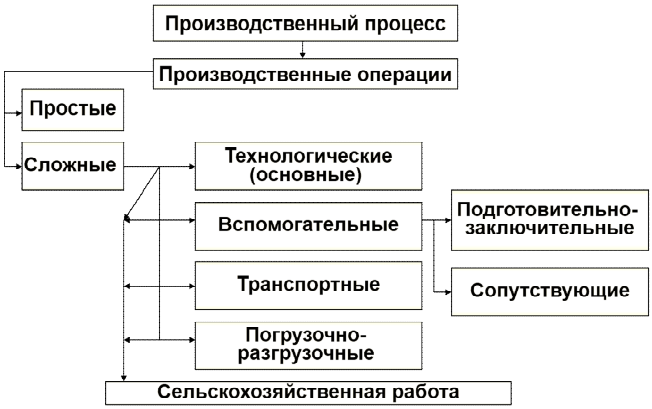


Рис. 2.1. Структурная схема сельскохозяйственного производственного процесса

Производственный процесс – последовательное и закономерное выполнение взаимоувязанных производственных операций, которые осуществляются с помощью машин и механизмов в оптимальные агротехнические сроки с целью получения конечной продукции необходимого качества и количества (например, процесс возделывания и уборки картофеля) или при помощи которых совершаются законченные периоды производства сельскохозяйственной продукции (например, процесс уборки зерновых культур).

Производственная операция – часть производственного процесса, характеризующая воздействие технических средств на предмет труда. Она может быть *технологической (основной)*, направленной на изменение положения или свойств обрабатываемого материала (вспашка, посев, уборка и т. п.) и *вспомогательной*, способствующей облегчению или улучшению выполнения основной операции (составление агрегата, разметка поля, холостые повороты и заезды, контроль качества и т. п.). В состав сложных производственных операций входят также *транспортные* операции, выполняемые для

перемещения материала (доставка семян, отвозка урожая и т. п.), перевозки технических средств и рабочей силы. Сочетание этих операций и является ***сельскохозяйственной работой***.

Технологический процесс – совокупность способов воздействия рабочих органов машины, направленных на обработку или переработку материала с целью необходимого изменения его свойств или состояния. Другими словами, это сочетание нескольких элементарных операций самой сельскохозяйственной машины, которые она должна произвести, чтобы выполнить технологический процесс. Например, технологический процесс посева зерновых состоит из четырех последовательно выполняемых операций: образование борозды, дозированный высев семян, их заделка и прикатывание. Таким образом, технологическую операцию следует понимать как элемент технологии полевых механизированных работ, а технологический процесс – как рабочий процесс, выполняемый самой сельскохозяйственной машиной.

Любой технологический процесс характеризуется качественными, энергетическими и экономическими показателями его выполнения.

Качественные показатели обусловливают качество выполнения технологического процесса. Они установлены агротехническими требованиями в виде нормативов к каждой технологической операции и должны быть выдержаны при ее выполнении, т. к. являются решающими (глубина обработки и заделки семян, высота среза и т. п.).

Энергетические показатели характеризуют технологический процесс по величине затрат механической энергии на его выполнение (удельное сопротивление, затраты энергии на единицу площади, продукции). С этим показателем непосредственно связаны производительность агрегата и стоимость механизированных работ. В настоящее время большое внимание уделяют внедрению в сельскохозяйственное производство энергосберегающих технологий и машин, что позволит снизить себестоимость сельскохозяйственной продукции. Например, применение самозатачивающихся лемехов на плугах, специальных покрытий (обработок) рабочих поверхностей отвалов приводит к снижению их сопротивления и удельных энергозатрат на обработку почвы.

Экономические показатели служат для оценки производительности, затрат труда и средств на выполнение технологического процесса. Производительность агрегатов является одним из основных

показателей использования техники в сельскохозяйственном производстве. Машины, используемые в сельском хозяйстве, должны обеспечивать высокую производительность и малые затраты труда и средств на их эксплуатацию.

2.1. Общая характеристика сельскохозяйственных агрегатов

Условия использования машин в сельском хозяйстве существенно отличаются от условий применения машинного оборудования в промышленности. Это обуславливается рядом особенностей, связанных с биологическими законами и природно-климатическими условиями, что предъявляет высокие требования к конструкциям машин и методам их эксплуатации. Машины должны удовлетворять не только экономическим условиям их применения, но и агротехническим требованиям и особенностям эксплуатации в сельском хозяйстве.

Предметом труда в сельском хозяйстве является живая природа, а обрабатываемые материалы подвержены непрерывным изменениям как под влиянием протекающих биологических процессов, так и вследствие изменчивости почвенных и метеорологических условий.

Сроки выполнения производственных операций связаны с фазами развития и биологическими особенностями возделываемых растений, а также с природно-климатическими условиями; как правило, эти сроки ограничены.

При выполнении сельскохозяйственных работ машинно-тракторные агрегаты перемещаются по полю на значительные расстояния, а поверхностные слои почвы и растения являются обрабатываемым материалом. Сроки и продолжительность операций могут существенно меняться из года в год. Вместе с тем характерной особенностью применения машин в сельском хозяйстве является их интенсивное кратковременное периодическое использование в производственном цикле и длительное хранение. Так, например, плуги используют весной на перепашке зяби в течение 10–15 дней, осенью на зяблевой вспашке – 55–60 дней. Зерновые сеялки при весеннем и осеннем севе эксплуатируют в течение 25–30 дней. Большинство же других сельскохозяйственных машин используют лишь 10–15 дней в году. Неправильное хранение машин может привести к частич-

ному или полному выходу их из строя, снизить надежность и работоспособность, что отразится на их производительности и сроках полевых работ.

Особенностью условий эксплуатации сельскохозяйственной техники является их случайный характер. Температура, влажность, запыленность воздуха, интенсивность солнечной радиации, свойства почвы и растений, износостойкость деталей и сопряжений не являются постоянными, а изменяются в пространстве и времени, ухудшая или улучшая условия использования машин.

При минусовой температуре возрастают механические сопротивления, трение и износ трущихся деталей машин. При повышенной температуре воздуха может наблюдаться перегрев узлов и агрегатов, что ведет к ухудшению смазки трущихся поверхностей деталей машин. Повышенная влажность и запыленность воздуха увеличивают коррозионный процесс деталей и их износ. Солнечная радиация оказывает разрушающее действие на резиновые, полимерные изделия и краску машин, защищающую детали от коррозии.

Физико-химический состав почвы и растений также оказывает влияние на эксплуатацию машин. Повышенное сопротивление окружающей среды приводит к увеличению механических нагрузок на агрегаты машин, преждевременным поломкам и увеличению удельного расхода топлива.

Ввиду этого знание условий использования техники позволяет правильно выбрать рабочие органы машин, режимы нагрузки и движения и успешно решать вопросы конструирования машин.

2.1.1. Факторы, влияющие на изменение качественных показателей работы машинно-тракторных агрегатов

На качество технологических операций и урожайность сельскохозяйственных культур влияют различные факторы, связанные с работой машин. Они могут быть объединены в следующие группы.

Конструктивные факторы определяются конструкцией машины и ее технической характеристикой. Такие параметры машин, как вес и его распределение на опорах, расположение центра тяжести, размеры колес, агротехнический и транспортный просвет, качество материала, могут оказывать большое влияние на технологический процесс.

Почвенно-климатические факторы – это физико-механические свойства обрабатываемого материала, состояние поверхности поля,

рельеф местности, засоренность полей камнями и растительными остатками, размеры и конфигурация полей и др. Например, изменение влажности почвы по сравнению с оптимальной резко сказывается на качестве ее обработки, увеличение влажности хлебной массы приводит к росту потерь зерна. Технологические операции следует по возможности выполнять при таком состоянии обрабатываемого материала с точки зрения его физико-механических и технологических свойств, которые обеспечивают наиболее высокое качество работы.

Значительное влияние на качественные показатели работы могут оказывать рельеф местности и состояние поверхности поля. Например, при движении агрегатов поперек склона ухудшается оборот пласта при вспашке, возрастает процент поврежденных и подрезанных растений при междурядной обработке вследствие смещения лап культиватора. Работа посевных агрегатов на полях с неровным микрорельефом приводит к неравномерности заделки семян и снижению урожайности.

Техническое состояние машин (рабочих органов машин) непосредственно отражается на качестве выполнения различных операций. Износ рабочих органов, изменение их формы, размеров, нарушение регулировок значительно снижают качественные показатели технологического процесса. Так, затупление кромки лемехов плуга до 4 мм (норма – до 1 мм) увеличивает неравномерность глубины обработки более чем в 2 раза. При затуплении лап культиватора, кроме того, резко ухудшается подрезание сорняков и т. д.

Для обеспечения высокого качества работы большое значение имеют правильная установка и регулировка машин. Они проводятся в зависимости от свойств обрабатываемого материала и условий работы. Например, регулировку плуга выполняют в зависимости от плотности почвы, сеялки – от вида высеваемых семян и состояния почвы, культиватора – с учетом особенностей сорных растений.

Эксплуатация машин предусматривает способ движения, прямолинейность, скорость и равномерность движения агрегата, подготовку полей, наличие маркеров и следоуказателей и др. При выборе режима работы необходимо учитывать свойства как машины, так и обрабатываемого материала.

С повышением скорости движения изменяются глубина обработки и крошение почвы, заделка семян, неравномерность внесения семян

и удобрений и т. д. Для получения наилучших качественных показателей должен быть выбран оптимальный режим работы агрегата. Современные скоростные агрегаты обеспечивают качество работы при скорости 2,5–4,2 м/с.

Правильный выбор способа движения агрегата способствует улучшению качества его работы. Например, диагонально-перекрестный способ движения бороновальных агрегатов обеспечивает более высокое качество разделки почвы, чем другие способы.

2.1.2. Классификация сельскохозяйственных агрегатов

В системе машин для механизации сельского хозяйства важное место занимают энергетические средства. Достаточная вооруженность этими средствами и рациональное соотношение их на каждом сельскохозяйственном предприятии в значительной мере определяют возможности и эффективность механизации всех работ.

Энергетические средства сельскохозяйственного производства подразделяются на подвижные и стационарные.

Подвижные средства – тракторы, самоходные шасси, самоходные моторизированные машины, автомобили. Кроме того, в сельском хозяйстве все шире используется авиация, главным образом для борьбы с вредителями, болезнями и сорняками сельскохозяйственных культур, для ранней весенней подкормки озимых культур и других работ.

Стационарные средства – электрические и тепловые установки и двигатели, ветряные и гидравлические двигатели.

Основа энергетики сельского хозяйства при выполнении технологических операций по возделыванию культур – тракторы и самоходные машины, а при выполнении транспортных работ – автомобили и тракторы.

Современные тракторы и автомобили по своему назначению и эксплуатационным качествам подразделяются на соответствующие классы и типы (по силе тяги, грузоподъемности, типу ходового аппарата и др.).

Трактор – самоходная машина, используемая в качестве энергетического средства для передвижения и приведения в действие сельскохозяйственных и других машин, а также для буксирования прицепов (табл. 2.1).

Двигатель трактора может приводить в действие рабочие органы стационарных сельскохозяйственных машин через вал отбора мощности (ВОМ) или с помощью шкивного приспособления.

Таблица 2.1

Тракторы и универсальные энергетические средства

Марка трактора, энергосредства	Мощность, л. с.	Расход топлива, г/кВт·ч	Масса, кг
«Беларус-320»	36,0	540	1170
«Беларус-422»	50,0	329	4000
«Беларус-622»	62,5	329	4000
«Беларус-80.1»	81,0	244	4000
«Беларус-923»	95,0	229	4775
«Беларус-1025»	110,0	249	5175
«Беларус-1220.1»	122,0	234	5610
«Беларус-1221»	130,0	227	5570
«Беларус-1523»	150,0	250	6250
«Беларус-2022»	212,0	249	7220
«Беларус-2103»	212,0	227	12 000
«Беларус-3022.ДЦ1»	303,0	248	11 500
«Беларус-3522»	359,0	229	12 300
MS280	290,0	216	8450

Сельскохозяйственные тракторы классифицируют по следующим признакам.

По ***назначению*** сельскохозяйственные тракторы делят на три группы: общего назначения, универсально-пропашные и специальные.

Тракторы общего назначения применяют для выполнения основных сельскохозяйственных работ, общих при возделывании сельскохозяйственных культур (вспашки, дискования, сплошной культивации, боронования, посева, уборки). Эти тракторы отличаются малым дорожным просветом и повышенной мощностью двигателя.

Универсально-пропашные тракторы используют при уходе за пропашными культурами и выполнении других сельскохозяйственных работ. С этой целью у некоторых универсально-пропашных тракторов предусмотрены сменные ведущие колеса с широкими шинами для выполнения работ общего назначения и с узкими шинами для работ в междурядьях. Чтобы не повредить растения, тракторы имеют большой дорожный просвет и ширину колеи, регулируемую соответственно ширине междурядий.

Специальные тракторы – это модификации какого-либо трактора общего назначения или универсально-пропашного трактора, исполь-

зуемая при выполнении определенного вида работ (на виноградниках, хлопчатнике) или разных работ, но в строго определенных условиях (на болотистых почвах, в горном земледелии). Так, специальный трактор МТЗ-80Х для механизации возделывания хлопчатника оборудован одним передним (управляемым) колесом; крутосклонный МТЗ-80К (горный) предназначен для работы на склонах крутизной до 16°.

По ***конструкции ходовой части*** тракторы бывают гусеничные и колесные.

Гусеничный трактор обладает большой опорной поверхностью, поэтому почву сминает и уплотняет незначительно. Такой трактор с высокой проходимостью способен развивать большое тяговое усилие.

Колесный трактор – более универсальный по сравнению с гусеничным, может использоваться как на полевых, так и на транспортных работах, но сцепление с почвой у него хуже.

Кроме того, *тракторы* бывают *полугусеничные* и *колесно-гусеничные*. В первом случае трактор имеет два движителя (колесный передний управляемый и гусеничный задний ведущий), а во втором они оба ведущие, но используется только один из движителей в зависимости от условий работы.

По ***типу остова*** тракторы делят на *рамные*, остов которых представляет клепаную или сварную раму; *полурамные*, остов которых образует две короткие продольные балки, привернутые или приваренные к корпусу заднего моста; *безрамные*, остов которых состоит из соединенных между собой корпусов отдельных механизмов.

По ***номинальному тяговому усилию*** тракторы подразделяют на десять классов, различающихся между собой по конструкции (0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 2; 3; 4; 5; 6; 8). В качестве эталона усилия, которое должен развивать трактор каждого класса, принято тяговое усилие (в Н), развиваемое трактором на рабочей передаче при движении по стерне колосовых на почве влажностью 8 %–20 % и твердостью 1,0–1,5 МПа.

Интенсификация сельскохозяйственного производства неразрывно связана с увеличением объема транспортных работ. В сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь объем грузоперевозок на каждый гектар пашни составляет более 50 т различных грузов. Наибольший грузооборот сельскохозяйственного предприятия приходится на органические удобрения (41,4 %), зерноколосовые культуры (7,2 %), силосные культуры (6,1 %) и кормовые корнеплоды (5 %).

Автомобиль – колесная безрельсовая транспортная машина с автономным двигателем (т. е. с запасом энергии, находящимся на самом автомобиле). На долю автомобильного транспорта приходится до 80 % грузооборота сельскохозяйственных предприятий. Автомобильный подвижной состав в сельском хозяйстве Беларуси составляют бортовые автомобили (около 45 %), автомобили-самосвалы (34 %), автоцистерны (12 %), автофургоны, а также автомобильные прицепы и полуприцепы (3 %). В перевозках сельскохозяйственных грузов используются в основном автомобили грузоподъемностью до 5 т (около 83 %) и примерно 13 % грузовых автомобилей грузоподъемностью более 5 т (табл. 2.2).

На сельскохозяйственных предприятиях (в организациях) чаще всего применяют грузовые бортовые автомобили и самосвалы. Для внутрихозяйственных полевых перевозок используют преимущественно тракторы. Хорошая проходимость и синхронное движение с уборочными агрегатами позволяют эффективно применять тракторы на уборочно-транспортных операциях. Как правило, в технологических перевозках используют колесные тракторы, а в тяжелых дорожных условиях – гусеничные с прицепами.

Таблица 2.2

Транспортные средства

Марка транспортного средства	Мощность, л. с.	Грузоподъемность, т (объем цистерны, $м^3$)	Масса, кг
Универсальные транспортные средства			
МАЗ-4571N2	170	4,0	5900
МАЗ-4581N2	170	6,3	6200
МАЗ-555026	300	9,9	9100
МАЗ-5550С5	328	9,9	9025
МАЗ-555025	270	10,3	8700
МАЗ-5550С3	273	12,0	8500
МАЗ-6501ЕВ	428	18,1	15 400
МАЗ-65012В	423	19,0	14 500
МАЗ-6501С9	422	19,0	14 500
МАЗ-650126	300	21,0	12 500
МАЗ-6501С5	330	21,0	12 500
МАЗ-6513ЕВ	428	25,0	16 000
МАЗ-6516ЕВ	428	29,9	14 900

Окончание таблицы 2.2

Марка транспортного средства	Мощность, л. с.	Грузоподъемность, т (объем цистерны, $м^3$)	Масса, кг
Специализированные транспортные средства			
Загрузчики сухих кормов			
ЗСК-Ф-10А	–	4,5	5300
ЗСК-Ф-15-02	–	12,0	8900
ЗСК-Ф-15-08	–	15,0	11 600
ЗСК-20Б	300	15,0	12 500
Автоцистерны для перевозки молока			
АЦИП-4,5; АЦМА-2-4,7	170	5,0	–
АЦМА-3-7,8; АЦИП-8,2	240	8,0	–
АЦС-8; АЦС-10	280	9,0–9,5	10 000
АЦМА-3-12; АЦИП-12М	330; 420	12,0	–
АЦС-12,5	328	12,5	14 000
Автотопливозаправщики для перевозки и заправки топливом			
АТЗ-2-4,9	–	4,9	5200
АТЗ-5,5	–	5,5	5620
АТЗ-2-11; АТЗ-11	–	11,0	8000
АТЗ-3-17; АТЗ-17	–	17,0	13 880
АТЗ-2-20	–	20,0	15 950
Скотовозы для перевозки животных			
ППС-10	200	10,0	–
ППС-18	300	18,0	–
ППС-20	420	20,0	–

Значительный объем перевозок в сельском хозяйстве выполняют с помощью транспортно-технологических средств, которые объединяют функции транспортных и технологических машин (тракторные прицепные разбрасыватели удобрений, кормораздатчики и др.). На долю тракторного транспорта приходится до 60 %–80 % объема перевозок (т).

Сельскохозяйственный агрегат – это сочетание мобильных машин с источником энергии (энергетическими средствами), передаточными и вспомогательными устройствами.

Сельскохозяйственные агрегаты классифицируют следующим образом.

По ***способу производства работ*** сельскохозяйственные агрегаты подразделяются на мобильные (передвижные) и стационарные. К *мобильным агрегатам* относятся агрегаты, выполняющие технологические операции при своем движении. Сюда входят тяговые, самоходные и ограниченно мобильные агрегаты. К последним относятся в основном электромашинные агрегаты в овощеводстве закрытого грунта и стационарных комплексов по обработке урожая (электрофрезы для обработки почвы в теплицах, электропогрузчики и т. д.). *Стационарные агрегаты* выполняют технологические операции, находясь на одном месте. Если их можно перемещать с одного участка на другой, то они называются *стационарно-передвижными*.

По ***составу и количеству одновременно выполняемых операций*** различают *однородные* (простые) *агрегаты*, выполняющие одну технологическую операцию (например, боронование); *комплексные* (комбинированные) *агрегаты*, выполняющие одновременно несколько технологических операций за один проход; *комбайновые агрегаты*, когда одна машина выполняет ряд последовательных операций законченного технологического цикла (например, зерноуборочный комбайн срезает хлебную массу, обмолачивает ее, укладывает солому в валок или измельчает ее, производит предварительную очистку вороха и выгрузку зерна в транспортные средства); *универсальные агрегаты*, имеющие набор рабочих органов и способные выполнять в различное время разные операции.

По ***характеру использования источника энергии и передаточного механизма*** машинно-тракторные агрегаты подразделяют на *тяговые* (мощность двигателя расходуется на самопередвижение трактора и тягу рабочих машин), *тягово-приводные* (мощность двигателя расходуется на самопередвижение трактора, тягу рабочих машин и привод вала отбора мощности) и *приводные* (мощность двигателя через передаточный механизм расходуется на привод механизмов рабочих машин).

По ***виду выполняемых производственных операций*** агрегаты могут быть пахотными, посевными, уборочными, транспортными и др.

По ***способу соединения рабочих машин с энергетическим средством*** различают навесные и полунавесные, прицепные и полуприцепные, монтируемые агрегаты.

Навесная машина присоединена к стандартному навесному устройству трактора. Может иметь колеса для работы. Масса машины в транспортном положении полностью воспринимается трактором. При переводе машины из рабочего положения в транспортное шарнирная точка присоединения к трактору принудительно перемещается в новое положение по высоте.

Полунавесная машина присоединена к стандартному навесному или тягово-сцепному устройству трактора (поперечина без тяговой вилки или с тяговой вилкой). Имеет опорные колеса для транспортирования; возможно наличие опорных колес для работы. Масса машины в транспортном положении частично воспринимается трактором и большей частью собственными колесами. При переводе машины из рабочего положения в транспортное шарнирная точка присоединения к трактору принудительно перемещается в новое положение по высоте.

Прицепная машина присоединена к стандартному тягово-сцепному устройству трактора. Имеет опорные колеса. Масса машины в транспортном положении воспринимается ее ходовой системой. При переводе машины из рабочего положения в транспортное шарнирная точка присоединения к трактору не изменяет своего положения по высоте.

Полуприцепная машина присоединена к стандартному тягово-сцепному устройству трактора. Имеет опорные колеса. Масса машины в транспортном положении частично воспринимается трактором и большей частью собственными колесами. При переводе машины из рабочего положения в транспортное шарнирная точка присоединения к трактору не изменяет своего положения по высоте.

Монтируемая машина присоединена к стандартному навесному устройству трактора и (или) к другим его точкам с дополнительным монтажом ряда нестандартных сборочных единиц, входящих в комплект машины.

По ***количеству машин в агрегате*** выделяют одномашинные и многомашинные сельскохозяйственные агрегаты.

По ***виду источника энергии*** различают агрегаты с тепловым и электрическим двигателями.

По ***расположению рабочих машин (или органов) относительно продольной оси агрегата*** различают симметричные и асимметричные сельскохозяйственные агрегаты.

В зависимости от ***способа привода рабочих органов машин*** различают агрегаты с приводом от ВОМ трактора, от опорно-приводных колес машины и от собственного двигателя.

По ***расположению рабочих машин относительно остова трактора*** или самоходного шасси агрегаты бывают с передним, боковым, задним или смешанным расположением.

Машинно-тракторный агрегат (МТА) представляет собой соединение энергетического средства (трактора) с рабочими машинами. При этом трактор является ведущим звеном, машина – ведомым. Если рабочая машина имеет источник энергии, предназначенный для привода рабочих органов и перемещения по полю, то такой агрегат называется *самоходным*.

Материально-технической базой механизации растениеводства является **система машин** – совокупность технически (по способу агрегатирования и приводу рабочих органов), технологически (по ширине захвата, рядности, рабочей скорости) и организационно взаимоувязанных средств механизации, предназначенных для выполнения требуемого объема работ в конкретных природно-производственных условиях.

Система машин отдельных производственных объектов (сельскохозяйственных предприятий (организаций)) – **машинно-тракторный парк** (МТП), представляющий собой совокупность имеющихся мобильных машин, энергетических средств и вспомогательных устройств. Сюда же относятся автомобили, прицепы, тракторные тележки, хотя не являются сельскохозяйственными машинами. Стационарные сельскохозяйственные машины, оборудование и машины ферм условно не входят в состав машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия.

2.2. Эксплуатационные свойства машинно-тракторных агрегатов

Эксплуатационные показатели машинно-тракторных агрегатов обусловлены свойствами энергетических средств, рабочих машин и передаточных (вспомогательных) механизмов, которые оказывают существенное влияние на эффективность и качество работы агрегатов.

Свойства машин характеризуются следующими показателями:

– *агротехнические* – показывают способность машины (агрегата) выполнять производственную операцию с установленными агротехническими требованиями. К ним относятся агротехнически допустимая скорость движения, пропускная способность рабочих органов, допустимые потери, глубина обработки, равномерность высева и др.;

– *энергетические* – показывают способность машин развивать определенную мощность (механическую энергию) или потреблять ее при работе. При комплектовании агрегатов эти свойства оказывают решающее влияние на их состав и режимы работы;

– *маневровые* – характеризуют проходимость, поворотливость, устойчивость движения агрегатов, приспособленность к транспортировке и др. Эти свойства учитывают при выборе агрегатов для работы в конкретных производственных условиях;

– *технические* – обусловлены главным образом надежностью в работе машинно-тракторных агрегатов и другими техническими показателями (массой, формой, габаритными размерами и т. д.);

– *технико-экономические* – это производительность агрегатов, затраты труда, денежных средств, топлива, металла, энергоемкость работ и другие показатели;

– *эргономические* обуславливают удобные условия работы и обслуживания машин, безопасность труда, эстетические показатели и др.

2.2.1. Эксплуатационные свойства и режимы работы двигателей тракторов и самоходных машин

Двигатель является источником энергии и движущей силы трактора. От динамических и экономических свойств двигателя в значительной степени зависят эксплуатационные качества трактора и машинно-тракторного агрегата. Основными эксплуатационными показателями работы тракторного двигателя являются эффективная мощность N_e, крутящий момент M_e, часовой $G_т$ и удельный g_e расходы топлива, частота вращения коленчатого вала двигателя n.

Показатели N_e, M_e, n, характеризующие тягово-скоростные качества двигателя, принято называть *динамическими*, а $G_т$, g_e, характеризующие расход топлива на различных режимах работы двигателя, – *экономическими*.

Взаимосвязь эксплуатационных показателей двигателя наглядно изображается графически в виде различных характеристик, кото-

рые получают и используют в зависимости от целей решаемых научно-практических задач. В эксплуатационных расчетах машинно-тракторных агрегатов наиболее часто применяют скоростные характеристики, построенные по результатам тормозных стендовых испытаний двигателя. Современные дизельные тракторные двигатели оснащены всережимными регуляторами частоты вращения коленчатого вала. Если на стенде снять показатели скоростной характеристики с работающим регулятором и положением рейки топливного насоса, соответствующим полной подаче топлива, то такую характеристику называют *регуляторной скоростной (внешней) характеристикой* (рис. 2.2).

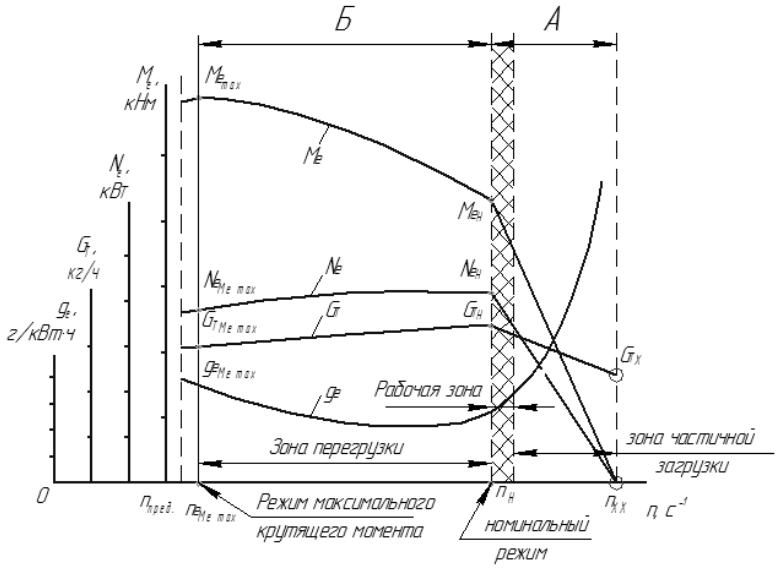


Рис. 2.2. Скоростная регуляторная характеристика двигателя в функции частоты вращения коленчатого вала:
А – регуляторная ветвь; Б – корректорная (перегрузочная) ветвь

Между эксплуатационными показателями работы двигателя существуют следующие основные соотношения:

– эффективная мощность двигателя (кВт):

$$N_e = 6,28 M_e n; \qquad (2.1)$$

– удельный эффективный расход топлива (г/кВт·ч):

$$g_e = \frac{1000 G_т}{N_e}; \tag{2.2}$$

– коэффициенты приспособляемости двигателя по моменту $K_м$ и по оборотам $K_о$ соответственно:

$$K_м = \frac{M_{e_{max}}}{M_{e_н}}; \tag{2.3}$$

$$K_о = \frac{n_н}{n_{M_{e_{max}}}}, \tag{2.4}$$

где M_e – эффективный крутящий момент, кН·м;

n – частота вращения коленчатого вала двигателя, с$^{-1}$;

$G_т$ – часовой расход топлива, кг;

$M_{e_{max}}$, $M_{e_н}$ – максимальный и номинальный эффективные крутящие моменты двигателя соответственно, кН·м;

$n_н$, $n_{M_{e_{max}}}$ – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя и частота его вращения при $M_{e_{max}}$ соответственно, с$^{-1}$.

У современных дизельных тракторных двигателей при наличии корректора $K_м = 1{,}1-1{,}3$, $K_о = 1{,}6-2{,}0$.

В зоне А крутящий момент и мощность двигателя с ростом момента сопротивления на его валу возрастают вследствие того, что регулятор увеличивает подачу топлива в цилиндры, перемещая рейку топливного насоса.

При дальнейшем возрастании внешнего сопротивления (за точкой $n_н$) двигатель работает с перегрузкой, мощность и часовой расход топлива снижаются, а крутящий момент сначала несколько увеличивается до значения $M_{e_{max}}$ (главным образом за счет действия корректора, который увеличивает цикловую подачу топлива в ци-

линдры), а затем, при дальнейшем снижении частоты вращения коленчатого вала двигателя, рабочий процесс в цилиндрах ухудшается и момент уменьшается. Работа двигателя за точкой $M_{e_{\max}}$ неустойчива, и он может заглохнуть при малейшем увеличении нагрузки.

Для двигателей мобильных агрегатов очень важно, чтобы при недогрузке кривая удельного эффективного расхода топлива g_e в пределах 60 %–100 % загрузки не имела крутого подъема (зона А). В условиях перегрузки двигателя (зона Б) также желательно, чтобы удельный расход топлива сильно не увеличивался, мощность значительно не снижалась, а крутящий момент возрастал.

Из регуляторной характеристики видно, что длительная работа двигателя в режиме перегрузки нежелательна, потому что при этом понижается мощность и топливная экономичность двигателя, а следовательно, снижается производительность и экономичность работы агрегата. Кроме того, ухудшаются условия сгорания топлива и смазка, увеличиваются износы. Режим перегрузки допускается только для преодоления временно возникающих сопротивлений.

Режимы работы двигателя. В условиях эксплуатации двигатель трактора может работать при разных нагрузках и угловых скоростях коленчатого вала. При рабочем ходе агрегата двигатель имеет нагрузку, близкую к номинальной. На холостом ходу МТА загрузка двигателя обычно небольшая.

При кратковременных простоях двигатель работает вхолостую при минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала. Бывают случаи перегрузки двигателя при преодолении кратковременного повышения нагрузок. Таким образом, при работе агрегата могут иметь место различные режимы работы двигателя, которые характеризуются соответствующими динамическими и экономическими показателями (см. рис. 2.2):

– работа двигателя на холостом ходу при максимальной частоте вращения коленчатого вала ($n_{\text{х}}$, $G_{\text{х. д}}$);

– работа двигателя при номинальном (расчетном) режиме ($n_{\text{н}}$, $N_{e_{\text{н}}}$, $M_{e_{\text{н}}}$, $g_{e_{\text{н}}}$, $G_{\text{т}_{\text{н}}}$);

– работа двигателя при максимальном крутящем моменте ($M_{e\ \max}$, $N_{e(M_{e_{\max}})}$, $n_{(M_{e_{\max}})}$, $G_{\text{т}(M_{e_{\max}})}$, $g_{e(M_{e_{\max}})}$);

– работа двигателя при минимальной частоте вращения коленчатого вала под нагрузкой ($n_{\min}$, $N_{e(n_{\min})}$, $M_{e(n_{\min})}$, $G_{\text{т}(n_{\min})}$), $g_{e(n_{\min})}$;

– работа двигателя на холостом ходу при минимальной частоте вращения коленчатого вала ($n_{х_о}$, $G_{т_о}$).

Кроме указанных строго определенных режимов работы двигатель в условиях эксплуатации чаще всего работает на промежуточных режимах как при рабочем ходе агрегата, так и при холостом:

– при рабочем ходе агрегата, т. е. при выполнении технологической операции ($N_{e_р}$, $M_{e_р}$, $n_р$, $G_{т_р}$, $g_{e_р}$);

– при холостом ходе агрегата, т. е. при холостых поворотах и переездах ($N_{e_х}$, $M_{e_х}$, $n_х$, $G_{т_х}$, $g_{e_х}$).

Работа агрегата наиболее эффективна и экономична, когда загрузка двигателя близка к номинальной. В тех случаях, когда загрузить двигатель до номинального режима нет возможности, переходят на частичный режим с помощью всережимного регулятора, который позволяет расширить возможности маневрирования скоростным режимом работы трактора.

Частичный режим – это режим работы двигателя с уменьшенной подачей топлива с помощью всережимного регулятора. Переход на частичный режим осуществляется при возникновении временных перегрузок, а также при недогрузке двигателя. Рассмотрим эти случаи.

В рабочем режиме двигатель несколько перегружен (временные перегрузки) из-за значительного колебания момента сопротивления. Работа его часто переходит на безрегуляторную ветвь характеристики и становится неустойчивой (см. рис. 2.2), будто возникает потребность перейти на низшую передачу и за счет увеличения тягового усилия трактора преодолеть временно возросшее сопротивление. Однако в большинстве случаев этого делать не следует. Достаточно перейти на частичный режим, т. е. перевести рычаг управления ВР в пониженный скоростной режим работы, что обеспечит устойчивую работу двигателя и снижение расхода топлива.

Уменьшая подачу топлива в соответствии с возникшей перегрузкой, создают двигателю новый скоростной режим его работы (частичный), который на рис. 2.2 представлен зоной A'. В этом случае всережимный регулятор топливного насоса осуществляет автоматическое регулирование частоты вращения коленчатого вала в пределах от $n'_х$ до $n'_н$.

Для эксплуатационных расчетов допускается определять значения $n'_х$ и $n'_н$ из условия, что $n_х - n_н \cong n'_х - n'_н$, т. е. что прямые $M'_{e_н} n'_х$

и $M_{e_н} n_х$ почти параллельны. Фактически же за счет увеличения сил трения в муфте регулятора на частичном режиме разбег регулятора всегда больше, т. е. $n'_х - n'_н > n_х - n_н$.

Более точно частоту вращения $n'_н$ на номинальном режиме можно определить по уравнению Б. Н. Антоновского:

$$n'_н = n_н - \lambda(n_х - n'_х), \tag{2.5}$$

где λ – коэффициент, равный 1,00–1,09, учитывающий отклонение частоты вращения на частичном режиме.

Часовой же расход топлива на холостом ходу двигателя на частичном режиме можно определить как $G'_{х.\,д} = G_{х.\,д} \dfrac{n'_х}{n_х}$.

При работе двигателя на частичном режиме крутящий момент двигателя больше номинального ($M'_{e_н} > M_{e_н}$), а текущее значение момента сопротивления $M_{с_{max}}$, в отличие от основного режима, лежит в зоне действия регулятора ($M_{с_{max}} < M'_{e_н}$). Таким образом, на частичном режиме двигатель не перегружен.

Касательная сила трактора $P_к$ пропорциональна крутящему моменту двигателя M_e:

$$P_к = \frac{M_e i_{тр} \eta_{мг}}{r_к}, \tag{2.6}$$

где $i_{тр}$, $\eta_{мг}$ – передаточное число и механический КПД трансмиссии соответственно;

$r_к$ – динамический (силовой) радиус ведущих колес или радиус ведущей звездочки гусеницы трактора.

Ниже будет доказано, что с увеличением касательной силы тяги $P_к$ увеличивается и тяговое усилие трактора $P_т$. Поэтому в условиях достаточного сцепления при уменьшении подачи топлива за счет увеличения крутящего момента двигателя M_e (см. рис. 2.2) одновременно растет и тяговое усилие трактора $P_т$ (эта закономерность

сохраняется в пределах 40 %–45 % хода рычага подачи топлива). Кроме того, при переходе на частичный режим снижаются частота вращения коленвала и скорость трактора, т. е. уменьшаются сам момент сопротивления M_c и силы инерции. Все это позволяет трактору преодолеть временные сопротивления агрегата при устойчивой работе двигателя, однако имеет место снижение коэффициента приспособляемости двигателя по моменту.

Всережимный регулятор увеличивает возможности маневрирования скоростным режимом работы трактора. Переход на более низкую передачу выгоден при значительном и сравнительно длительном повышении сопротивления агрегата. При кратковременных изменениях сопротивления агрегата (на пути 50–100 м) маневрирование передачами нецелесообразно.

Если на основном скоростном режиме двигатель значительно *недогружен* (что характерно для энергонасыщенных тракторов) и нельзя увеличить рабочую скорость или ширину захвата агрегата, то также переходят на частичный режим. При этом, как и в первом случае, на частичном режиме можно получить то же значение мощности, что и на основном, т. е. $N'_{e_р} = N_{e_р}$ (см. рис. 2.2), а крутящийся момент будет выше ($M'_{e_н} > M_{e_н}$). Однако главное преимущество в том, что снизится часовой и удельный расход топлива, т. е. $G'_{тр} < G_{тр}$ и $g_e < g_{e_р}$, что позволит получить экономию топлива $\Delta G_т$. Производительность агрегата значительно не увеличится, т. к. при переходе на частичный режим включают более высокую передачу и скорость агрегата практически не меняется.

2.2.2. Общая динамика машинно-тракторных агрегатов

Уравнение движения агрегата. Машинно-тракторный агрегат является динамической системой твердых тел с жесткими и упругими связями между ними. Движение агрегата происходит при определенном соотношении сил, действующих на агрегат. При рассмотрении общей динамики агрегата все силы, действующие на него, можно разделить на две группы: $P_{дв}$ – сила, вызывающая движение агрегата; ($\sum P_c$ + $R_м$) – силы сопротивления движению трактора и рабочей машины.

Поэтому под *уравнением движения агрегата* понимают зависимость между силами, действующими на агрегат, и скоростью его

движения. Такое уравнение может быть получено на основании закона сохранения кинетической энергии, из которого следует, что изменение кинетической энергии равно работе сил, действующих на агрегат при движении.

Уравнение движения агрегата исходя из общей динамики машинно-тракторного агрегата

$$\frac{dv}{dt} = \frac{P_{\text{дв}} - \sum P_{\text{с}} - R_{\text{м}}}{M_1 + M_2}, \tag{2.7}$$

Левая – дифференциальная – часть уравнения (2.7) представляет собой ускорение поступательно движущегося агрегата: $\frac{dv}{dt} = \pm j$. Знакопеременное значение ускорения соответствует ускоренному (знак «+») или замедленному (знак «–») движению. Знак и значение ускорения зависят от соотношения действующих сил и величины приведенных масс агрегата.

Если агрегат движется с ускорением или замедлением, то такой режим принято называть *неустановившимся*. В этом случае уравнение движения принимает следующий вид:

$$\pm j(M_1 + M_2) = P_{\text{дв}} - \sum P_{\text{с}} - R_{\text{м}}. \tag{2.8}$$

Произведение $\pm j(M_1 + M_2) = P_j$ – сила инерции движущегося агрегата, откуда

$$\pm P_j = P_{\text{дв}} - \sum P_{\text{с}} - R_{\text{м}}. \tag{2.9}$$

Из уравнения (2.8) следует, что величина приведенных масс существенно влияет на динамику движения агрегата при неустановившемся движении. Наличие силы инерции приводит к саморегулированию баланса между движущей силой $P_{\text{дв}}$ и постоянно изменяющимися силами сопротивления $P_{\text{с}}$ и $R_{\text{м}}$. При ускоренном движении агрегата сила инерции P_j направлена против движения и является силой сопротивления, при замедлении – направлена по ходу движения и является движущей силой. Следовательно, чем больше величина приведенных масс агрегата, тем устойчивее его движение.

Однако саморегулирование вследствие названных причин возможно лишь до тех пор, пока запас кинетической энергии агрегата при переменной скорости его движения достаточен для преодоления временно возросшего сопротивления движению. При дальнейшем увеличении сопротивления оно будет преодолеваться за счет запаса крутящего момента двигателя (работа корректора регулятора) или перехода на пониженную передачу. В обоих случаях это приводит к увеличению движущей силы $P_{\text{дв}}$.

При движении агрегата с постоянной скоростью v = const ускорение $j = 0$, тогда уравнение движения принимает следующий вид:

$$P_{\text{дв}} - \sum P_{\text{с}} - R_{\text{м}} = 0. \qquad (2.10)$$

Такой режим движения называется *установившимся*, а уравнение (2.10) – *уравнением установившегося движения агрегата*.

Тяговый баланс агрегата. Большинство практических расчетов по определению состава и работе агрегатов проводится с использованием опытных данных, полученных при установившемся движении, когда $dv/dt = 0$ и скорость v = const. В этом случае из уравнения (2.10) следует, что

$$P_{\text{дв}} = \sum P_{\text{с}} + R_{\text{м}}. \qquad (2.11)$$

Сумма сил сопротивления $\sum P_{\text{с}}$ состоит из силы сопротивления качению трактора P_f, силы сопротивления при движении трактора на подъем (спуск) $\pm P_\alpha$ и силы лобового сопротивления воздушной среды P_w:

$$\sum P_{\text{с}} = P_f \pm P_\alpha + P_w. \qquad (2.12)$$

Подставив это выражение в уравнение (2.11), получим:

$$P_{\text{дв}} = P_f \pm P_\alpha + P_w + R_{\text{м}}. \qquad (2.13)$$

При скоростях движения современных МТА сопротивлением воздушной среды можно пренебречь ($P_w = 0$), тогда в окончательном виде

$$P_{\text{дв}} = P_f \pm P_\alpha + R_{\text{м}}. \qquad (2.14)$$

Уравнение (2.14) является *уравнением тягового баланса агрегата при его установившемся движении*. Из него следует, что движущей силой агрегата преодолеваются силы сопротивления движению трактора и сопротивление машины.

Силу сопротивление качению трактора при его движении по горизонтальной поверхности P_f принимают пропорциональной весу трактора $G_т$:

$$P_f = f_т G_т, \tag{2.15}$$

где $f_т$ – коэффициент пропорциональности, зависящий от агрофона, типа и состояния почвы, типа ходового аппарата трактора; в теории трактора его называют *коэффициентом сопротивления качению*.

Составляющие сопротивления движению трактора P_f и $\pm P_\alpha$ при установившемся движении на подъем с углом склона α определяются в соответствии со схемой (рис. 2.3), из которой следует, что сила сопротивления качению трактора при движении на подъем

$$P_f = f_т G_т \cos\alpha. \tag{2.16}$$

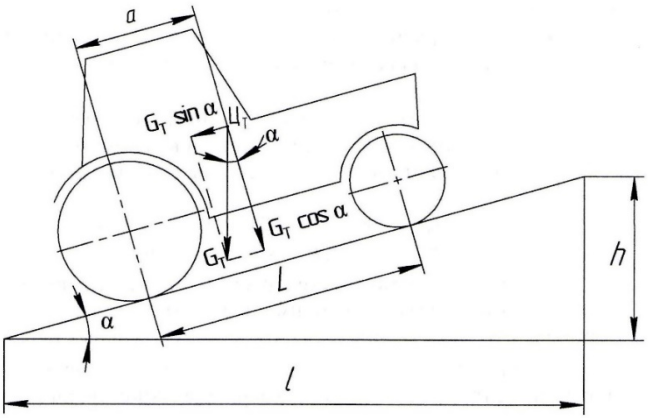


Рис. 2.3. Схема сил сопротивления при движении трактора на подъем: L – продольная база трактора (расстояние между осями колес), м; a – расстояние от центра тяжести трактора до вертикальной плоскости, проходящей через геометрическую ось качения ведущих колес (для трактора с задними ведущими колесами), м; l – длина участка подъема, м; α – угол уклона местности (подъема), град.; $Ц_т$ – центр тяжести; h – высота подъема, м

Сила сопротивления движению трактора на подъем

$$P_{\alpha} = \pm G_{\text{т}} \sin\alpha. \qquad (2.17)$$

Согласно принятым на рис. 2.3 обозначениям отношение $h / l = \text{tg}\alpha = i$, которое при расчетах представляют либо дробным числом, либо в процентах, называется *подъемом (спуском) рабочего участка поля*.

Поскольку углы подъема (спуска) в условиях Беларуси не превышают 5°–6°, а при этих значениях $\text{tg}\alpha \simeq \sin\alpha$, то уравнение (2.17) можно записать как

$$P_{\alpha} = \pm G_{\text{т}} \text{tg}\alpha \approx \pm G_{\text{т}} i \approx \pm G_{\text{т}} \frac{i}{100}.$$

В окончательном виде уравнение тягового баланса агрегата при движении на подъем (спуск) примет вид:

$$P_{\text{дв}} = \left(f_{\text{т}} G_{\text{т}} \cos\alpha \pm G_{\text{т}} \frac{i}{100} \right) + R_{\text{м}}. \qquad (2.18)$$

Движущая сила МТА. Из уравнения тягового баланса агрегата следует, что важнейшая величина в нем – движущая сила, источником которой является двигатель трактора. В двигателе энергия сгоревшего топлива преобразуется в механическую и снимается с коленчатого вала в виде крутящего момента M_e. Указанный момент через трансмиссию трактора с передаточным отношением $i_{\text{тр}}$ подводится к ведущим колесам ходового аппарата и имеет значение

$$M_{\text{к}} = M_e i_{\text{тр}} \eta_{\text{мг}}, \qquad (2.19)$$

где $\eta_{\text{мг}}$ – КПД трансмиссии трактора.

Крутящие моменты M_e и $M_{\text{к}}$ являются внутренними силовыми факторами и не могут вызвать движения МТА, тогда как возникновение движущей силы должно быть обусловлено внешним силовым фактором.

Рассмотрим механизм возникновения движущей силы на ведущем колесе трактора (рис. 2.4). Для этого примем следующие допущения:

радиус колеса равен динамическому силовому радиусу $r_к$; опорная поверхность является жесткой, т. е. качение происходит без образования следа от прохода колеса.

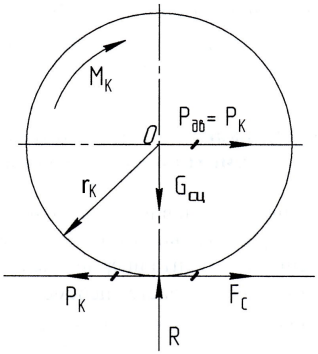


Рис. 2.4. Схема сил, действующих на ведущее колесо

Из рис. 2.4 следует, что на колесо действуют часть веса трактора $G_{сц}$, называемая *сцепным весом*, и вертикальная реакция почвы R.

Крутящий момент $M_к$ ведущего колеса можно заменить парой сил с плечом $r_к$, т. е. $M_к = P_к r_к$.

Силу $P_к$, действующую на плече $r_к$, принято называть *касательной силой тяги колеса*. Приложенная к колесу сила $P_к$ за счет трения и сцепления в контакте с опорной поверхностью уравновешивается равной ей по величине, но противоположно направленной равнодействующей реакции почвы *силой сцепления* $F_с$. Следовательно, $P_к = F_с$. Однако сила $P_к$ является внутренней, а сила $F_с$ – внешней по отношению к трактору, способной вызвать движение трактора и агрегата.

Из схемы, приведенной на рис. 2.4, следует, что сила $P_к = F_с = P_{дв}$, приложенная в центре колеса и направленная в сторону движения, и есть движущая сила. Таким образом, *движущей силой трактора* является внешняя сила, которая приложена к оси ведущего колеса (звездочки гусеничного трактора), направлена в сторону движения и обусловлена работой двигателя, а также наличием сцепления ходового аппарата с почвой.

Пределы движущей силы. При установлении пределов изменения движущей силы $P_{дв}$ рассматривают соотношение касательной силы тяги $P_{к_н}$ и силы сцепления $F_{с_н}$ (равнодействующей реакции почвы).

Различают два случая – достаточного и недостаточного сцепления:

$$\begin{cases} P_{к_н} \le F_{с_н} - \text{сцепление достаточно;} \\ P_{к_н} > F_{с} - \text{сцепление недостаточно.} \end{cases}$$

При *достаточном сцеплении* движителей с почвой ($P_{к_н} \le F_{с_н}$) пределом движущей силы является номинальная касательная сила тяги трактора, т. е. $P_{дв} = P_{к_н}$.

Номинальная касательная сила тяги рассчитывается по формуле

$$P_{к_н} = \frac{0{,}159 N_{e_н} i_{тр} \eta_{мг}}{r_к n_н}, \qquad (2.20)$$

где $N_{e_н}$ – номинальная (максимальная) мощность двигателя, кВт.

В том случае, если часть мощности двигателя реализуется на привод рабочих органов машины через ВОМ, значение касательной силы тяги следует рассчитывать по формуле

$$P'_{к_н} = \frac{0{,}159\left(N_{e_н} - \frac{N_{ВОМ}}{\eta_{ВОМ}} \right) i_{тр} \eta_{мг}}{r_к n_н}, \qquad (2.21)$$

где $N_{ВОМ}$ – мощность, затрачиваемая на привод рабочих органов машины через ВОМ, кВт;

$\eta_{ВОМ}$ – КПД привода ВОМ (ориентировочно $\eta_{ВОМ}$ = 0,94–0,96).

При *недостаточном сцеплении* движителей трактора ($P_{к_н} > F_{с_н}$) пределом движущей силы является номинальная (допустимая) сила сцепления трактора с почвой, т. е. $P_{дв} = F_{с_н}$.

Сила сцепления $F_{с_н}$ (кН) для гусеничных и колесных со всеми ведущими колесами тракторов определяется по формуле

$$F_{с_н} = G_{сц}\mu, \tag{2.22}$$

где μ – коэффициент сцепления движителей с почвой.

Сцепной вес $G_{сц}$ (кН) при работе трактора на участке с уклоном

$$G_{сц} = G_{тр}\cos\alpha. \tag{2.23}$$

Для колесных тракторов с одной ведущей осью

$$F_{с_н} = \frac{\mu G_{тр}(L-a)\cos\alpha}{L-\mu r_к}. \tag{2.24}$$

Графическая зависимость движущей силы трактора от типа почвы показана на рис. 2.5.

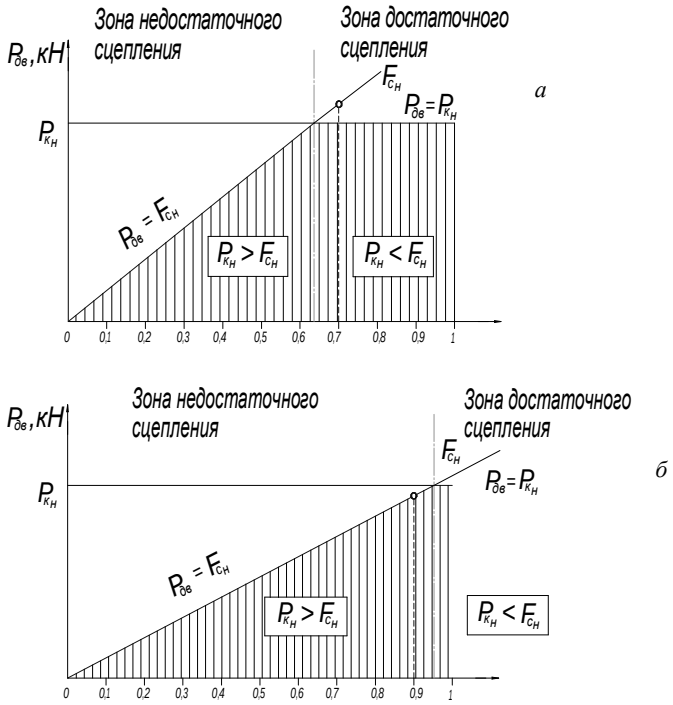


Рис. 2.5. График зависимости движущей силы колесного трактора от коэффициента сцепления в разных условиях движения:
а – поле, подготовленное под посев; *б* – залежь

В зависимости от условий работы трактора в составе машинно-тракторного агрегата тяговое усилие, которое он может реализовать, равно:

– при достаточном сцеплении

$$P_{\text{т}_\text{н}} = P_{\text{к}_\text{н}} - P_f \pm P_\alpha; \tag{2.25}$$

– при недостаточном сцеплении

$$P_{\text{т}_\text{н}} = F_{\text{с}_\text{н}} - P_f \pm P_\alpha. \tag{2.26}$$

Баланс мощности агрегата. Мощность двигателя трактора или самоходной машины затрачивается как на совершение полезной работы, так и на преодоление внешних и внутренних сил сопротивления перемещению агрегата по рабочему участку.

О распределении эффективной мощности двигателя на преодоление различных сопротивлений при установившемся движении МТА судят по *балансу мощности* при работе трактора или самоходной машины:

$$N_e = N_\text{м} + N_f + N_\delta \pm N_\alpha + N_{e_\text{ВОМ}} + N_\text{т}, \tag{2.27}$$

где $N_\text{м} = N_e\left(1-\eta_\text{мг}\right)$ – потери мощности в трансмиссии трактора и на ведущих участках гусениц, кВт;

$N_f = P_f v_\text{р}$ – затраты мощности на преодоление сопротивления качению трактора, кВт;

$N_\delta = N_e \eta_\text{мг} \dfrac{\delta}{100}$ – затраты мощности на буксование, кВт;

$N_\alpha = \pm P_\alpha v_\text{р}$ – затраты мощности на преодоление подъема (знак «плюс») или при спуске (знак «минус»), кВт;

$N_{e_\text{ВОМ}} = \dfrac{N_\text{ВОМ}}{\eta_\text{ВОМ}}$ – мощность, затрачиваемая двигателем на привод механизмов рабочих машин, кВт;

$N_\text{т} = R_\text{м} v_\text{р}$ – затраты мощности на преодоление тягового сопротивления машины, агрегата, кВт (размерность сил представлена в кН, скорость движения – в м/с).

Как следует из уравнения (2.27), одни из его составляющих зависят от рабочей скорости движения МТА, другие – нет. В отдельных случаях для анализа мощностного баланса и выбора оптимальных рабочих скоростей движения МТА его представляют графически. Такой график для тягового агрегата ($N_{e_{\text{ВОМ}}} = 0$) приведен на рис. 2.6.

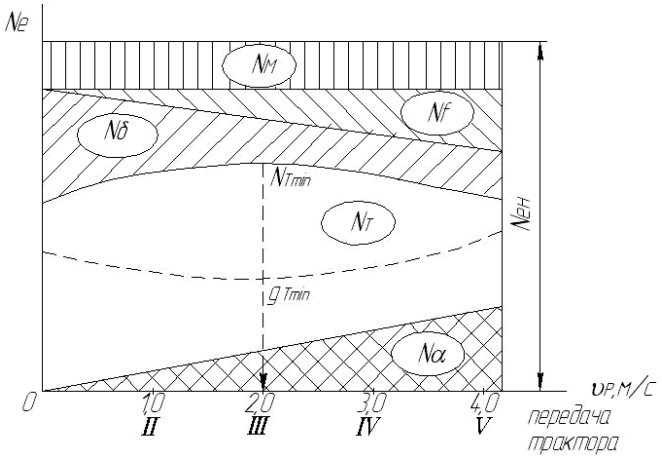


Рис. 2.6. График баланса мощности (*I–V* – условные передачи трактора)

Если на график баланса мощности дополнительно нанести кривую $g_{\text{т}}$ удельного расхода топлива на единицу тяговой мощности $N_{\text{т}}$, то его минимальное значение $g_{\text{т}_{\min}}$ будет соответствовать наибольшему значению тяговой мощности $N_{\text{т}_{\max}}$, что имеет важное значение при комплектовании машинно-тракторного агрегата и выборе рациональных рабочих скоростей движения. Так как производительность агрегата прямо пропорциональна $N_{\text{т}}$ и достигает максимума при $N_{\text{т}} = N_{\text{т}_{\max}}$, что соответствует наиболее экономичной его работе по расходу топлива $g_{\text{т}} = g_{\text{т}_{\min}}$, то оптимальная рабочая скорость движения $v_{\text{р}_{\text{опт}}}$ будет соответствовать этим значениям $N_{\text{т}_{\max}}$ и $g_{\text{т}_{\min}}$ (см. рис. 2.6). Оптимальная рабочая скорость движения для гусеничных тракторов 2,0–2,5 м/с, для колесных – 3,0–4,0 м/с.

Тяговая характеристика трактора и использование ее для эксплуатационных расчетов. Тяговые и технико-эксплуатационные

свойства тракторов наиболее полно отображают тяговые характеристики, которые строят по экспериментальным данным, получаемым при испытаниях тракторов на различных типах почвы и при различном ее состоянии. При использовании таких характеристик для эксплуатационных расчетов желательно иметь их для каждого типа и состояния почвы в отдельности. Однако вследствие большого разнообразия условий использования тракторов обычно приводят типовые тяговые характеристики, построенные для стерни нормальной влажности (20 %–22 %) и глинистого трека.

При других условиях использования тракторов необходимо вводить соответствующие поправки. *Тяговая характеристика* представляет собой график (рис. 2.7) изменения тяговой мощности $N_т$, часового расхода топлива $G_т$, удельного расхода топлива $g_т$, скорости движения v, частоты вращения коленчатого вала n, буксования движителя δ в зависимости от тягового усилия трактора $P_т$.

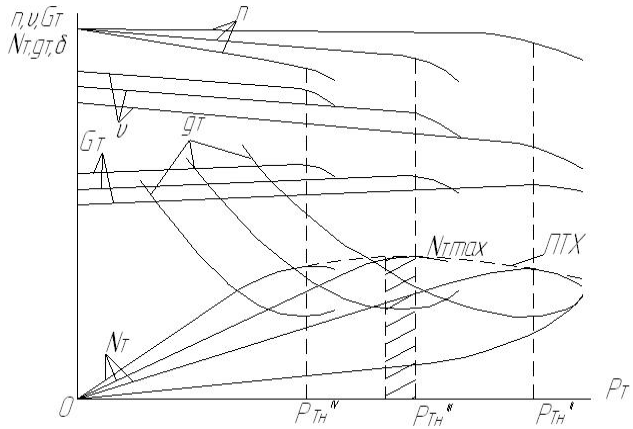


Рис. 2.7. Тяговая характеристика трактора
($P_т^{I} – P_т^{III}$ – тяговое усилие на разных передачах)

Характеристику строят в диапазоне тяговых усилий от $P_т = 0$ (холостой ход трактора) до $P_{т_{max}}$ (100%-е буксование движителя или остановка трактора при перегрузке и заглохнувшем двигателе).

Так как тяговую характеристику строят для всех передач трактора (или только основных) и наносят на один график, то такую характеристику называют *совмещенной*.

Совмещенные характеристики (см. рис. 2.7) широко используют в эксплуатационных расчетах при комплектовании агрегатов и определении основных технико-эксплуатационных параметров их работы.

Из характера изменения кривых тяговой мощности $N_т$ на различных передачах следует, что у каждой из них имеется свой максимум. Огибающая кривая по точкам максимумов $N_т$ называется *потенциальной тяговой характеристикой* и показывает, как изменялась бы тяговая мощность трактора при бесступенчатой трансмиссии трактора. Так как наибольшая производительность МТА и экономичность работы соответствуют значению $N_{т_{max}}$, то все передачи трактора правее точки $N_{т_{max}}$ следует принимать как резервные и использовать при повышении тягового сопротивления машины, а соответствующие $N_{т_{max}}$ и расположенные левее (заштрихованная зона) – как основные. В соответствии с этим по характеристике определяют скорость движения, расход топлива, тяговое усилие и другие технико-эксплуатационные показатели работы агрегата.

По характеру изменения потенциальной тяговой характеристики можно сделать вывод, что уменьшение значений максимальной тяговой мощности на высших передачах (левее точки $N_{т_{max}}$ потенциальной характеристики) происходит за счет увеличения мощности на передвижение N_f, а на низших передачах – за счет увеличения мощности $N_δ$ на буксование движителя трактора.

Влияние почвенных условий и конструктивных параметров движителя на тяговые свойства тракторов. Тяговые свойства тракторов в основном зависят от типа и состояния почвы, а также от конструктивных параметров и типа движителя.

В зависимости от физико-механических свойств почвы для одного и того же типа движителя и передачи трактора тяговое усилие и другие показатели будут различными. При этом на почвах с низкой несущей способностью будут ниже тяговое усилие $P_т$, тяговая мощность $N_т$, скорость движения v и выше – буксование δ (рис. 2.8).

В одних и тех же условиях тяговые свойства гусеничного трактора будут выше, чем колесного, и особенно это различие возрастает на переувлажненных почвах. Поэтому использование гусеничных тракторов предпочтительнее весной и осенью при сильном увлажнении почвы.

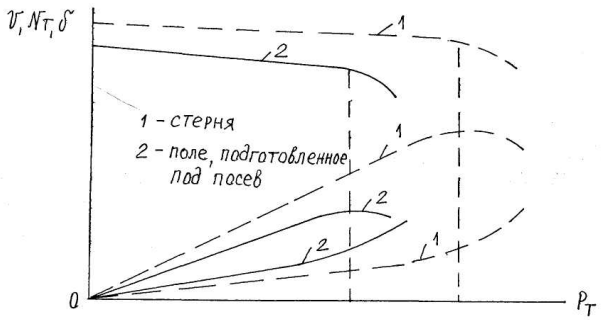


Рис. 2.8. График зависимости тяговых свойств трактора от типа агрофона:
1 – стерня; *2* – поле, подготовленное под посев

Анализ потенциальных тяговых характеристик гусеничных и колесных тракторов показывает, что значение $N_{T_{max}}$ у колесных тракторов смещается в зону более высоких передач из-за увеличения буксования на низших, а гусеничного – в зону низших передач и больших тяговых усилий за счет уменьшения буксования.

Коэффициент полезного действия агрегата и пути его повышения. КПД агрегата определяется следующей зависимостью:

$$\eta_a = \frac{N_п^a}{N_e} = \eta_т \eta_м, \qquad (2.28)$$

где $N_п^a$ – мощность, затрачиваемая на выполнение технологического процесса при работе агрегата, кВт;

$\eta_т$ – КПД трактора;

$\eta_м$ – КПД рабочей машины.

Из уравнения (2.28) следует, что повысить КПД агрегата можно путем уменьшения затрат мощности при движении трактора и выполнении технологического процесса машиной.

Основными путями повышения эксплуатационных свойств и КПД агрегатов являются:

– рациональное комплектование агрегата и выбор оптимальных скоростей движения $v_{р_{опт}}$, при которых агрегат работает в зоне максимальной тяговой мощности $N_{T_{max}}$;

– улучшение сцепных качеств тракторов и снижение буксования за счет увеличения площади опорной поверхности движителя колесных тракторов на почвах с низкой несущей способностью или сцепного веса – на плотных почвах;

– уменьшение потерь на качение трактора путем уменьшения деформации почвы, трения в трансмиссии и ходовой системе;

– своевременное и качественное проведение ТО и диагностирование тракторов, восстановление эксплуатационных и мощностных параметров до номинальных значений;

– регулировка и настройка машины на заданные параметры, правильное соединение машины с трактором, работа по возможности при оптимальной влажности почвы;

– совершенствование конструкции рабочих органов машин и технологических процессов, совмещение операций (комбинированные агрегаты);

– подготовка полей и улучшение структуры почвы путем внесения оптимальных доз органических удобрений и др.

2.2.3. Эксплуатационно-технологические свойства сельскохозяйственных машин

Эксплуатационно-технологические свойства сельскохозяйственных машин характеризуются агротехническими, техническими и экономическими показателями. Они оказывают существенное влияние на эффективное и качественное использование машин.

Для характеристики эксплуатационно-технологических свойств машин используют основные показатели: качество выполнения технологического процесса и его соответствие агротехническим требованиям (глубина обработки, равномерность высева или посадки, повреждаемость растений, потери и т. п.); тяговое сопротивление на рабочем и холостом ходу; затраты мощности на работу; рабочая ширина захвата; агротехнически допустимая скорость движения; пропускная способность основного рабочего органа; техническая и технологическая надежность; простота и удобство в обслуживании.

2.2.4. Определение рабочего сопротивления агрегата

Сопротивление сельскохозяйственных машин. Сопротивления, возникающие при передвижении машины, называются *тяговыми*. Различают *рабочее сопротивление* $R_м$, которое оказывает машина

при движении в рабочем состоянии, и *холостое* $R_{\text{х}}$, которое возникает при движении в транспортном положении.

Сопротивление любой сельскохозяйственной машины в общем виде можно представить уравнением, которое называется *балансом сопротивления машины*:

$$R_{\text{м}} = R_f + R_F + R_d + R_{\varepsilon} + R_{\text{т}} + R_{\text{п}} \pm R_{\alpha} + R_{\text{ВОМ}} \pm R_j + R_w, \quad (2.29)$$

где R_f – сопротивление перекатыванию машины, которое включает затраты на трение во втулках колес, на трение колес о почву, на деформацию почвы и шины, на колебательные движения, встряхивания, удары;

R_F – сопротивление вследствие трения скольжения рабочих органов об обрабатываемую среду (почву, семена, растения и т. п.);

R_d – сопротивление деформации обрабатываемой среды (срезание, рыхление, крошение и т. д.);

R_{ε} – сопротивление на сообщение кинетической энергии частицам обрабатываемой среды;

$R_{\text{т}}$ – сопротивление из-за трения в передаточных механизмах;

$R_{\text{п}}$ – сопротивление, возникающее при перемещении обрабатываемого материала внутри машины;

R_{α} – сопротивление движению машин на подъем;

$R_{\text{ВОМ}}$ – условное сопротивление на привод рабочих органов машины через ВОМ;

R_j – сопротивление сил инерции при неравномерном движении агрегата;

R_w – сопротивление воздушной среды.

Не все составляющие баланса сопротивления машины можно определить расчетом, поэтому значение $R_{\text{м}}$ в целом определяют опытным путем при испытании машин. Некоторые составляющие могут быть определены расчетным путем. Так, используя опытные данные, можно определить сопротивление перекатыванию прицепной машины при ее движении на подъем

$$R_f = G_{\text{м}} \cos\alpha \, f_{\text{м}}, \quad (2.30)$$

где $G_{\text{м}}$ – эксплуатационный вес машины, кН;

$f_{\text{м}}$ – коэффициент сопротивления качению машины.

Сопротивление от веса машины при движении на подъем определяют по формуле

$$R_{\alpha} = G_{\text{м}} \sin \alpha = G_{\text{м}} \frac{i}{100}. \qquad (2.31)$$

Удельное сопротивление машин. Общее тяговое сопротивление машин принято определять по их удельному тяговому сопротивлению.

Удельное тяговое сопротивление (кН/м) – это рабочее сопротивление, приходящееся на единицу ширины захвата машины. Для всех машин, кроме плугов, его определяют делением рабочего сопротивления машины $R_{\text{м}}$ на конструктивную ширину ее захвата b

$$k_0 = \frac{R_{\text{м}}}{b}, \qquad (2.32)$$

где $R_{\text{м}}$ – рабочее сопротивление машины, которое определяют опытным путем (динамометрированием или тензометрированием), кН;

b – конструктивная ширина захвата машины, м.

Расчет сопротивления некоторых машин. *Удельное сопротивление плуга* при вспашке (кН/м^2 или кПа) зависит от глубины вспашки. Поэтому его определяют не на единицу ширины захвата, а на единицу площади поперечного сечения пласта почвы:

$$k_{\text{пл}} = \frac{R_{\text{пл}}}{a b_{\text{к}} n_{\text{к}}}, \qquad (2.33)$$

где $R_{\text{пл}}$ – общее сопротивление плуга, кН;

a – глубина вспашки, м;

$b_{\text{к}}$ – ширина захвата одного корпуса, м;

$n_{\text{к}}$ – количество корпусов.

По результатам динамометрирования машин в различных условиях получены данные удельных сопротивлений k_0, которые приведены в справочной литературе. Наличие таких данных позволяет определить рабочее сопротивление машины (для горизонтальных участков)

$$R_{\text{м}} = k_0 b \qquad (2.34)$$

или плуга

$$R_{\text{пл}} = k_{\text{пл}} a b_{\text{к}} n_{\text{к}}. \qquad (2.35)$$

В зависимости от типа (механического состава) $k_{\text{пл}}$ изменяется в пределах 20–100 кПа. По удельному тяговому сопротивлению почвы его делят на несколько групп: *легкие* ($k_{\text{пл}} \leq 30$ кПа), *средние* ($k_{\text{пл}}$ = 31–50 кПа), *тяжелые* ($k_{\text{пл}}$ = 51–85 кПа) и *весьма тяжелые* ($k_{\text{пл}} > 85$ кПа).

Рабочее сопротивление прицепной машины при движении на подъем определяют по формуле

$$R_{\text{м}} = k_0 b + G_{\text{м}} \frac{i}{100}. \qquad (2.36)$$

Сопротивление прицепной машины при движении без выполнения технологической операции

$$R_{\text{мх}} = G_{\text{м}} \left(f_{\text{м}} + \frac{i}{100} \right). \qquad (2.37)$$

Сопротивление навесной машины при движении на подъем

$$R_{\text{м}} = k_{\text{н}} b + G_{\text{м}} \left(\lambda f_{\text{т}} + \frac{i}{100} \right), \qquad (2.38)$$

где $k_{\text{н}}$ – удельное сопротивление навесной машины, кН/м (принимают $k_{\text{н}}$ = (0,80–0,85) k_0;

λ – коэффициент, учитывающий величину догрузки трактора при работе с навесными машинами (зависит от вида работы: на пахоте λ = 0,5–1,0; при культивации λ = 1,0–1,5; при глубоком рыхлении λ = 1,6–2,0).

Сопротивление движению на подъем транспортного агрегата (прицепа) с грузом определяется по формуле

$$R_{\text{т}} = \left(G_{\text{пр}} + G_{\text{гр}} \right) \left(f_{\text{пр}} + \frac{i}{100} \right), \qquad (2.39)$$

где $G_{пр}$, $G_{гр}$ – вес прицепа и груза соответственно, кН;

$f_{пр}$ – коэффициент сопротивления качению прицепа.

Сопротивление тягово-приводных машин определяется с учетом того, что часть мощности двигателя трактора затрачивается на привод рабочих органов через ВОМ трактора:

$$R_{м}^{пр} = R_{м} + R_{ВОМ}. \quad (2.40)$$

При этом $R_{ВОМ}$ – условное сопротивление, приведенное к ведущим колесам, эквивалентное мощности, передаваемой на привод машины через ВОМ трактора (кН):

$$R_{ВОМ} = \frac{0{,}159 N_{ВОМ} i_{тр} \eta_{мг}}{n_e r_к \eta_{ВОМ}}. \quad (2.41)$$

Рабочее *сопротивление транспортных тягово-приводных агрегатов* (разбрасыватели органических и минеральных удобрений и др.) определяется по формуле

$$R_{т}^{пр} = R_{т} + R_{ВОМ}. \quad (2.42)$$

Тяговое сопротивление плугов определяют по формуле

$$R_{пл} = k_{пл} a b_к n_к \pm c G_{пл} \frac{i}{100}, \quad (2.43)$$

где c = 1,1–1,4 – поправочный коэффициент, учитывающий вес почвы, налипающей на корпуса плуга (при a = 0,20–0,22 м в расчетах принимают c = 1,2);

$G_{пл}$ – вес плуга, кН.

При составлении комбинированного пахотного агрегата количество дополнительных машин (катков, зубовых борон и др.), входящих в состав агрегата с округлением до ближайшего целого числа, определяют по формуле

$$n_{м} = n_{к} \frac{b_к}{b}. \quad (2.44)$$

Общее тяговое *сопротивление комбинированного пахотного агрегата* (кН) определяется по формуле

$$R_{\text{а}} = R_{\text{пл}} + n_{\text{м}}\left(k_0 b \pm G_{\text{м}}\frac{i}{100}\right). \qquad (2.45)$$

Тяговое *сопротивление комплексного тягового агрегата* определяется по формуле

$$R_{\text{а}}^{\text{к}} = \sum k_{0_i} \cdot b_i n_{\text{м}} \pm \sum G_{\text{м}_i} \cdot n_{\text{м}_i}\frac{i}{100}, \qquad (2.46)$$

где k_{0_i} – удельное сопротивление рабочих органов машины *i*-го типа, кН/м;

b_i – ширина захвата машины *i*-го типа, м;

$n_{\text{м}}$ – количество машин в комплексном агрегате;

$G_{\text{м}_i}$ – вес машины *i*-го типа, кН.

Стохастический характер сопротивления машин. Из уравнения баланса сопротивления машины следует, что оно зависит от многих факторов, которые сами по себе непостоянны. Данные, которые приводятся в справочной литературе, являются средними. Практика испытания машин показывает, что величина тягового сопротивления является *стохастической* (случайной) и изменяется как в пространстве, так и во времени (рис. 2.9).

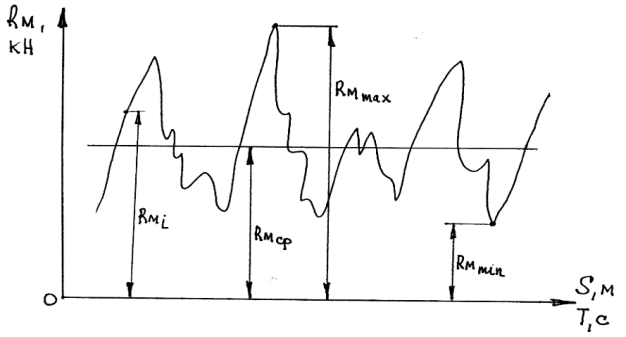


Рис. 2.9. График изменения тягового сопротивления машины стохастического характера

Коэффициент увеличения сопротивления машины определяют как отношение максимального значения сопротивления к среднему:

$$K_{R_м} = \frac{R_{м\,max}}{R_{м\,ср}}. \qquad (2.47)$$

Степень неравномерности тягового сопротивления машины оказывает существенное влияние на работу агрегата. Этот показатель определяет величину запаса тягового усилия трактора, необходимого при комплектовании машинно-тракторного агрегата. При увеличении $K_{R_м}$ значительно возрастает динамическая нагрузка на двигатель и ухудшаются условия его работы.

При работе агрегатов различают следующие колебания тягового сопротивления (в зависимости от частоты): *микроколебания* (высокой частоты) с периодом колебаний 1–2 с, которые являются следствием изменения микропрофиля поверхности поля, например при движении поперек вспаханного поля; *мезоколебания* (средней частоты) с периодом колебаний 2–5 с, их причина – изменение сопротивления почвы обработке по длине рабочего участка; *макроколебания* (низкой частоты) с периодом колебаний больше 5 с, вызываются неровностью рельефа поля.

Преодоление микроколебаний тягового сопротивления происходит за счет энергии движущихся масс, и это незначительно влияет на показатели работы агрегата. Мезоколебания преодолеваются за счет запаса крутящего момента и приспособляемости двигателя по моменту. Макроколебания – за счет увеличения как тягового усилия трактора при переходе на более низкую передачу, так и запаса крутящего момента двигателя.

Влияние различных факторов на тяговое сопротивление сельскохозяйственных машин. В процессе эксплуатации машины тяговое сопротивление изменяется в зависимости от ряда факторов, которые можно объединить в три группы: природно-климатические, конструктивные и эксплуатационные. Рассмотрим основные факторы.

Скорость движения. С ростом скорости возрастает и сопротивление сельскохозяйственных машин, т. к. увеличиваются потери на перекатывание машины R_f, затраты на деформацию обрабатываемой среды R_d и другие составляющие баланса сопротивления.

Зависимость удельного сопротивления (кН/м) от скорости можно выразить уравнением

$$k_{0_v} = k_0 \left[1 + \left(v_p - v_0 \right) \frac{\Delta C}{100} \right], \qquad (2.48)$$

где k_0 – удельное сопротивление при скорости движения v_0 = 5 км/ч, кН/м (по справочной литературе);

ΔC – темп нарастания сопротивления при увеличении скорости движения на 1 км/ч (1 %–8 % по справочнику).

В связи с этим при определении сопротивления сельскохозяйственных машин, работающих при скоростях $v_p > 5$ км/ч, необходимо делать перерасчет значений k_0 по формуле (2.46).

Влажность почвы. Влажность почвы является одним из факторов, оказывающих большое влияние на энергетические затраты при ее обработке. Наименьшее сопротивление машины при оптимальной влажности, при уменьшении влажности относительно оптимального значения $k_{пл}$ возрастает из-за уплотнения почвы, а при увеличении – из-за повышения липкости. При высокой влажности ослабляются связи между частицами почвы и сопротивление снижается.

Глубина обработки. Сопротивление машин для поверхностной обработки почвы существенно возрастает с увеличением глубины обработки. Для плугов увеличение сопротивления незначительно, если почва однородна по глубине. Поэтому в эксплуатационных расчетах при определении сопротивления плугов этот рост не учитывают.

Техническое состояние рабочих органов и регулировка машины. При работе машин их рабочие органы затупляются, что приводит к росту тягового сопротивления и нарушению технологического процесса. Если лезвие лемеха затупится до 3–4 мм против 1 мм по техническим условиям, его сопротивление увеличится на 35 %–40 %, а глубина вспашки уменьшится. При сохранении необходимой глубины сопротивление плуга возрастает на 60 %.

Неправильное соединение машины с трактором и неправильная регулировка приводят к увеличению сопротивления на 5 %–10 %.

Пути снижения тягового сопротивления агрегатов. Из уравнения (2.29) баланса сопротивления машины следует, что конструктивными, технологическими и эксплуатационными мерами можно добиться снижения общего сопротивления машины.

Конструктивные меры: разработка и применение навесных машин и машин на пневматических колесах, снижение потерь на трение рабочих органов за счет применения специальных покрытий поверхностей рабочих органов, соответствующей их обработки, изменения формы; применение подшипников качения; снижение массы машин и др.

Технологические меры: совершенствование технологических процессов взаимодействия рабочих машин со средой; совмещение операций при применении комбинированных агрегатов и др.

Улучшение природно-климатических условий использования техники: выравнивание полей, улучшение структуры почвы, проведение культуртехнических работ.

2.3. Основы рационального комплектования машинно-тракторных агрегатов

Комплектование агрегатов сводится в основном к выбору типа машин, определению рационального количественного состава, скоростного режима и составления агрегатов в натуре.

Основные требования к комплектованию МТА. Правильное комплектование машинно-тракторных агрегатов – один из основных факторов, определяющих эффективность использования техники в сельском хозяйстве. При этом достигается максимальная производительность, до минимума снижаются расход топлива и себестоимость единицы механизированных работ, повышаются эффективность капитальных вложений в технику и качество выполнения работ, сокращаются сроки их проведения.

К МТА предъявляют конкретные требования, которые необходимо учитывать при их комплектовании:

– *агротехнические* – качественные показатели обработки и возможные отклонения от них, допустимые потери, повреждения и т. д.;

– *технические* – допустимые скорости движения машин, пропускная способность, маневренность агрегата, эксплуатационная надежность и т. д.;

– *экономические* – высокая производительность и минимальные затраты труда и денежных средств на выполнение работы;

– *удобство обслуживания* – удобство управления, технического и технологического обслуживания агрегата;

– *безопасность работы* – нормальные условия труда обслуживающего персонала, допустимый уровень шума и вибрации, соблюдение требований техники безопасности и т. д.

При комплектовании агрегатов учитывают не только тяговые свойства тракторов и сопротивление машин, но и допустимые для агротехники скорости движения, внешние условия (рельеф, длину и ширину поля, тип почвы и ее состояние и др.). С технической и технологической точки зрения агрегат может быть скомплектован правильно, однако окажется неэффективным из-за больших затрат времени на повороты, заезды и переналадку. Эти факторы важно учитывать при выборе оптимальной ширины захвата агрегата, т. к. она является одним из основных показателей, влияющих на производительность.

В результате обобщения опыта сельхозпредприятий определены наиболее целесообразные по производительности и экономичности параметры агрегатов (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Оптимальная ширина захвата агрегатов, м

Виды агрегатов	Длина гона, м				
	100	200	400	600	1000 и более
Пахотные	1,05	1,05–1,40	1,40–1,75	1,75–2,10	2,80–3,50
Лущильные	5	5	10	15	20
Культиваторные	3–4	4	6	8–9	12–16
Бороновальные	9	12	18–21	24–30	36–42
Посевные	3,6	7,2	10,8	10,8–14,4	18,0–21,6
Жатвенные	4,9	4,9–6,0	6,0–9,6	12,0	14,0
Сенокосные	2	4	6	8	10–12

Скоростной режим работы агрегата. Данный режим влияет на технико-экономические показатели и производительность машинно-тракторных агрегатов.

Скоростной режим определяют расчетом по техническим данным трактора и условиям его работы или фактической скорости его движения по измеренным пути и времени. Различают:

– *теоретическую скорость* движения на прямолинейном горизонтальном участке пути при номинальной частоте вращения двигателя и отсутствии буксования ведущих колес

$$v_{т} = \frac{2\pi n_{н} r_{к}'}{i_{тр}}; \qquad (2.49)$$

– *рабочую скорость* движения в заданных условиях при действительной частоте вращения коленчатого вала двигателя $n_{д}$ и буксовании ведущих колес δ

$$v_{р} = \frac{2\pi n_{д} r_{к}}{i_{тр}}\left(1 - \frac{\delta}{100}\right) = v_{т}\left(1 - \frac{\delta}{100}\right)\frac{n_{д}}{n_{н}}; \qquad (2.50)$$

– *техническую (среднюю) скорость* как отношение пройденного пути ко времени движения агрегата

$$v_{тех} = \frac{S_{р} + S_{х}}{T_{р} + t_{х}}, \qquad (2.51)$$

где $S_{р}$, $S_{х}$ – общая длина рабочих и холостых ходов соответственно, км;

$T_{р}$, $t_{х}$ – время движения на рабочем и холостом ходу, ч;

– *эксплуатационную скорость* как среднюю скорость движения в течение смены с учетом остановок агрегата $t_{о}$

$$v_{э} = \frac{S_{р} + S_{х}}{T_{р} + t_{х} + t_{о}} = \frac{S_{р} + S_{х}}{T_{см}}. \qquad (2.52)$$

Выбор оптимальных скоростей движения машинно-тракторных агрегатов производят с учетом загрузки двигателя, пропускной способности машины и качества выполняемой работы. Выбирая рабочие передачи, учитывают ограничения скорости, например по сцеплению и опрокидыванию. Наиболее экономичный режим работы трактора обычно соответствует передачам, для которых тяговая мощность имеет наибольшее значение. Эти передачи целесообразно принимать в качестве рабочих. Однако при выборе передач трактора учитывают не только эффективность использования его тяговых возможностей, но и допустимые скорости движения агрегата.

1. *Агротехнически допустимая скорость движения агрегата* (максимальная) $v_{p_{max}}^{агр}$ устанавливается на основе опытных данных и приводится в заводских инструкциях и рекомендациях.

2. *Максимальная допустимая скорость движения агрегата* (м/с) исходя из пропускной способности основного рабочего органа (молотилки, измельчающего аппарата и т. д.):

$$v_{p_{max}}^{q} = \frac{10q_{н}}{b_{р}h_{1}(1+\delta_{с})}, \tag{2.53}$$

где $q_{н}$ – максимальная пропускная способность машины, кг/с;

$b_{р}$ – рабочая ширина захвата агрегата, м;

h_{1} – урожайность основной продукции, т/га;

$\delta_{с}$ – доля побочной продукции.

Пропускная способность агрегата – количество сельскохозяйственного материала (зеленой или хлебной массы, вороха и др.), которое агрегат способен переработать за единицу времени при соблюдении агротехнических требований к качеству работы.

3. *Максимальная возможная скорость агрегата по загрузке двигателя*:

– для тягово-приводного агрегата:

$$v_{p_{max}}^{N_e} = \frac{\left(N_{e_{н}}\eta_{N_e} - \frac{N_{ВОМ}}{\eta_{ВОМ}}\right)\eta_{мг}\eta_{\delta}}{R_{м} + G_{тр}\left(f_{т} + \frac{i}{100}\right)}; \tag{2.54}$$

– для самоходного агрегата:

$$v_{p_{max}}^{N_e} = \frac{\left(N_{e_{н}}\eta_{N_e} - \frac{N_{ВОМ}}{\eta_{ВОМ}}\right)\eta_{мг}\eta_{\delta}\eta_{р.\,п}\eta_{г.\,п}}{R_{м}}, \tag{2.55}$$

где η_{N_e} – допустимый коэффициент загрузки двигателя по мощности ($\eta_{N_e} \approx 0{,}80$–$0{,}95$);

η_δ – КПД буксования трактора (0,90–0,96 в зависимости от типа и тяговой загрузки трактора и почвенных условий);

$\eta_{р.\,п}$, $\eta_{г.\,п}$ – коэффициенты ременной передачи и гидравлического привода соответственно.

Ориентировочно для современных колесных тракторов можно принять КПД трансмиссии $\eta_{мг}$ = 0,85–0,90, для гусеничных $\eta_{мг}$ = 0,82–0,88.

Из трех или двух рассчитанных таким образом скоростей движения агрегата выбирают наименьшую с учетом условий:

$$v^{q}_{\text{р}_{\max}} \geq v_{\text{р}} \leq v^{N_e}_{\text{р}_{\max}}; \quad v^{\text{агр}}_{\text{р}_{\min}} \leq v_{\text{р}} \leq v^{\text{агр}}_{\text{р}_{\max}}. \tag{2.56}$$

Правильно выбранная скорость движения агрегата с учетом свойств обрабатываемого материала, технических возможностей машин и эксплуатационных свойств позволяет повысить качество и снизить стоимость механизированных работ.

Расход мощности на работу машин. По аналогии с уравнением (2.29) баланса тягового сопротивления машины *баланс мощности на преодоление сопротивлений машины*

$$N_{\text{м}} = N_f + N_F + N_d + N_\varepsilon + N_{\text{т}} + N_n + N_\alpha + N_{\text{ВОМ}} + N_j + N_w. \tag{2.57}$$

Если известны либо рассчитаны сопротивление машины $R_{\text{м}}$, скорость движения $v_{\text{р}}$ и затраты мощности на привод рабочих органов от ВОМ, тогда

$$N_{\text{м}} = R_{\text{м}} v_{\text{р}} + N_{\text{ВОМ}}. \tag{2.58}$$

2.3.1. Способы определения состава агрегата

Определить состав агрегата можно двумя способами: опытным и расчетным.

Аналитический (расчетный) метод предусматривает сбор и обобщение исходных данных, подбор трактора и рабочих машин, выбор рабочих передач (основной и резервной), установление количества машин в агрегате и определение фронта сцепки (при необходимости), оценку правильности тягового расчета состава агрегата.

Расчет состава *прицепного тягового агрегата* производят в следующей последовательности:

1. Для выбранной марки трактора по его тяговой характеристике строят потенциальную тяговую характеристику, представляющую собой огибающие кривые, на которых расположены значения максимальной тяговой мощности $N_{т\,max}$ и рабочей скорости $v_{р.н}$, соответствующие номинальным силам тяги $P_{т.н}$ на рабочих передачах трактора (рис. 2.10).

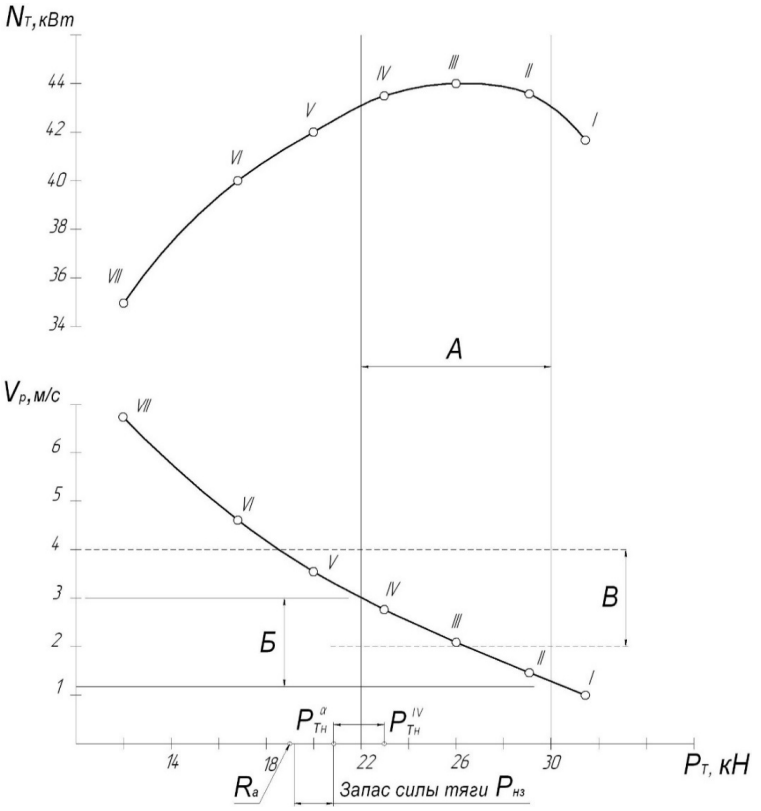


Рис. 2.10. Выбор передач и режима работы агрегата
по потенциальной тяговой характеристике трактора:
А – зона рациональной тяговой загрузки трактора;
Б – интервал рациональных по загрузке рабочих скоростей;
В – интервал технологически допустимых для машины скоростей

Оптимальный скоростной режим работы агрегата устанавливают исходя из агротехнических требований к заданной технологической операции путем выбора двух-трех передач для выбранной марки трактора в пределах максимальной допустимой скорости $v_{p_{max}}^{агр}$. Для этого с помощью графика потенциальной тяговой характеристики трактора определяют зоны рациональной тяговой загрузки (зона А) и интервал рациональных по загрузке рабочих скоростей (интервал Б). На графике обозначают интервал технологически допустимых скоростей (интервал В) для сельскохозяйственной машины. Если агротехнически допустимая скорость позволяет работать на различных передачах, то выбирают те из них, где тяговая мощность трактора имеет наибольшее значение или близка к нему, т. е. $N_т = N_{т\,max}$.

Так как оптимальными с точки зрения загрузки двигателя и производительности агрегата являются передачи с наибольшей тяговой мощностью, а расчет ведут для двух-трех передач, на потенциальной характеристике они ограничиваются вертикальными прямыми (передачи II, III и IV, зона А), которые на кривой скорости отсекают интервал рациональных по загрузке двигателя скоростей (зона Б). На шкале скоростей отмечают диапазон агротехнически допустимых скоростей (зона В), который включает передачи III, IV и V, причем передача II не попадает в интервал В агротехнически допустимых скоростей, а передача V не входит в интервал Б скоростей, рациональных по загрузке двигателя. Поэтому расчет следует вести для передач III и IV, а передачу V можно использовать как резервную в случае недогрузки двигателя на основных (III и IV) передачах.

2. На выбранных передачах определяют номинальное тяговое усилие трактора с учетом уклона местности и почвенных условий одним из следующих способов:

– *по тяговой характеристике* трактора с учетом его движения на подъем:

$$P_{т_н}^{\alpha} = P_{т_н} - G_{тр}\frac{i}{100}. \qquad (2.59)$$

Тяговые характеристики тракторов представлены для двух фонов – стерни и поля, подготовленного под посев. Если расчеты ведут для условий работы агрегата на каком-то другом фоне, то используют данные тяговой характеристики, фон которой больше соответствует фактическому. В этом случае

$$P_{т_н}^{\alpha} = P_{т_н} - G_{тр}\left(f_{т_ф} - f_т + \frac{i}{100} \right), \qquad (2.60)$$

где $f_{т_ф}$ – коэффициент сопротивления качению для фона, на котором работает трактор.

Расчет выполняют для случая $f_{т_ф} > f_т$, в противном случае справедлива формула (2.59);

– *расчетным способом* при отсутствии справочных данных по тяговому усилию трактора:

$$P_{т_н} = P_{дв} - G_{тр}\left(f_{т_ф} + \frac{i}{100} \right). \qquad (2.61)$$

При достаточном сцеплении $P_{дв} = P_{к_н}$, при недостаточном $P_{дв} = F_с$.

Значения $F_с$ в зависимости от типа движителя и числа ведущих колес рассчитывают по формулам, приведенным в п. 2.2.

3. Определяют максимальную возможную ширину захвата (м) агрегата:

$$b_{max} = \frac{P_{т_н}^{\alpha}\eta_{р_т} - R_{сц}}{k_{0_v} + g_м \frac{i}{100}}, \qquad (2.62)$$

где $\eta_{р_т}$ – коэффициент использования тягового усилия трактора ($\eta_{р_т}$ = 0,80–0,97);

$R_{сц}$ – сопротивление сцепки, кН (при предварительных расчетах $R_{сц} \approx 1{,}5$ кН);

$g_м = \frac{G_м}{b}$ – удельный вес машины, приходящийся на 1 м ширины захвата, кН/м.

4. По каталогам выбирают тип и марку машины и определяют количество машин в агрегате с округлением до ближайшего меньшего целого числа:

$$n_{\text{м}} = \frac{b_{\max}}{b}. \tag{2.63}$$

5. При использовании многомашинных агрегатов ($n_{\text{м}} > 2$) определяют фронт сцепки и по каталогу выбирают ее марку:

$$b' = b\left(n_{\text{м}} - 1\right). \tag{2.64}$$

6. На каждой из выбранных передач определяют тяговое сопротивление агрегата:

$$R_{\text{а}} = k_{0_v} b n_{\text{м}} + G_{\text{сц}} f_{\text{с}} \pm G_{\text{а}} \frac{i}{100}, \tag{2.65}$$

где $G_{\text{а}}$ – вес агрегата, кН:

$$G_{\text{а}} = G_{\text{м}} n_{\text{м}} + G_{\text{сц}}, \tag{2.66}$$

где $G_{\text{м}}$ – вес одной рабочей машины, кН.

7. Определяют показатели рациональности состава агрегата:

– коэффициент использования тягового усилия трактора

$$\eta_{\text{р}_{\text{т}}} = \frac{R_{\text{а}}}{P^{\alpha}_{\text{т}_{\text{н}}}}; \tag{2.67}$$

– коэффициент использования тяговой мощности трактора

$$\eta_{N_{\text{т}}} = \frac{N_{\text{т}}}{N_{\text{т}_{\max}} - N_{\alpha}}, \tag{2.68}$$

где $N_{\text{т}} = R_{\text{а}} v_{\text{р}}$ – мощность, необходимая для агрегатирования, кВт;

$N_{\text{т}_{\max}}$ – максимальная тяговая мощность трактора на данной передаче, кВт (принимают по тяговой характеристике или рассчитывают по формуле $N_{\text{т}_{\max}} = P_{\text{т}_{\text{н}}} v_{\text{р}_{\text{н}}}$);

$N_{\alpha} = v_{\text{р}} G_{\text{тр}} \frac{i}{100}$ – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления при движении трактора на подъем, кВт;

– коэффициент загрузки двигателя по мощности

$$\eta_{N_e} = \frac{N_{e_р}}{N_{e_н}}. \qquad (2.69)$$

Мощность, на которую загружен двигатель на рабочем режиме, определяют по формуле

$$N_{e_р} = \frac{\left(R_м + P_f + P_\alpha\right)v_р}{\eta_{мг}\eta_\delta} + \frac{N_{ВОМ}}{\eta_{ВОМ}}. \qquad (2.70)$$

8. Зная тяговое сопротивление агрегата, уточняют фактическую скорость движения на выбранных передачах по тяговым характеристикам или расчетным путем.

Рабочую скорость движения агрегата на выбранной передаче в общем случае определяют по уравнению (2.50).

Действительную частоту вращения коленчатого вала двигателя n определяют по формуле

$$n = n_н + (n_х - n_н)\frac{P_{н.\,с} + P_{н.\,з}}{P_{к_н}}, \qquad (2.71)$$

где $n_х$ – максимальная частота вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу, $с^{-1}$;

$P_{н.\,с} = P_{к_н} - F_{с_н}$ – сила, не используемая по сцеплению, кН;

$P_{н.\,з} = P_{т_н} - R_а$ – сила, не используемая по условиям загрузки трактора, кН.

9. Для выбранных передач определяют производительность агрегата, затраты труда и расход топлива на единицу выполненной работы (будут рассмотрены в п. 2.5, 2.6).

За основную рабочую передачу принимают ту, где производительность выше, а расход топлива и затраты труда меньше. Более высокую и низкую передачи используют как резервные (движение под уклон, преодоление временных перегрузок).

Особенности расчета некоторых агрегатов. Состав *навесных тяговых агрегатов* определяют в такой же последовательности, как и прицепных, но с учетом догрузки трактора навесной машиной или сцепкой:

$$b_{\max} = \frac{P_{\text{т}_\text{н}}^{\alpha}\eta_{\text{р}_\text{т}}}{k_{0_\text{н}} + g_\text{м}\left(\lambda f_\text{т} + \dfrac{i}{100}\right) + g_\text{сц}\left(f_\text{т} + \dfrac{i}{100}\right)}. \qquad (2.72)$$

Тяговое сопротивление навесного агрегата

$$R_{\text{а}_\text{н}} = bn_\text{м}\left[k_{0_\text{н}} + g_\text{м}\left(\lambda f_\text{т} \pm \frac{i}{100}\right)\right] + G_\text{сц}\left(f_\text{т} \pm \frac{i}{100}\right). \qquad (2.73)$$

Расчет состава комплексных тяговых агрегатов. Учитывая, что такой агрегат состоит из машин различных типов, предельная ширина захвата равна

$$b_{\max} = \frac{P_{\text{т}_\text{н}}^{\alpha}\eta_{\text{р}_\text{т}} - R_\text{сц}}{\sum\left(k_{0_i} + g_{\text{м}_i}\dfrac{i}{100}\right)}, \qquad (2.74)$$

где k_{0_i}, $g_{\text{м}_i}$ – удельное тяговое сопротивление (кН/м) и удельный вес (кН/м) i-й машины, входящей в состав комплексного агрегата, соответственно.

Количество машин каждого типа в агрегате определяют по формуле

$$n_{\text{м}_i} = \frac{b_{\max}}{b_i}. \qquad (2.75)$$

Общая ширина захвата каждого типа машин в агрегате должна быть примерно одинакова и равняться ширине захвата комплексного агрегата:

$$b \approx b_1 n_{\text{м}_1} \approx b_2 n_{\text{м}_2} \approx \ldots \approx b_i n_{\text{м}_i}. \qquad (2.76)$$

Тяговое сопротивление комплексного агрегата определяют по формуле

$$R_{\text{а}} = \sum k_{0_i} b_i n_{\text{м}_i} + G_{\text{сц}} f_{\text{с}} \pm \sum G_{\text{м}_i} n_{\text{м}_i}. \qquad (2.77)$$

Расчет пахотного агрегата. При расчете простого пахотного агрегата определяют число плужных корпусов для максимальной загрузки двигателя трактора на выбранной передаче (с округлением до меньшего целого числа):

$$n_{\text{к}} = \frac{P_{\text{т}_{\text{н}}}^{\alpha} \eta_{\text{р}_{\text{т}}}}{k_{\text{пл}} a b_{\text{к}} + c g_{\text{п}} b_{\text{к}} \dfrac{i}{100}}, \qquad (2.78)$$

где $g_{\text{п}}$ – удельный вес плуга, который предполагается агрегатировать с данным трактором на данном фоне, кН/м.

Тяговое сопротивление плуга определяют по формуле (2.43).

При расчете состава комплексного (комбинированного) пахотного агрегата количество плужных корпусов в агрегате определяют по формуле

$$n_{\text{к}} = \frac{P_{\text{т}_{\text{н}}}^{\alpha} \eta_{\text{р}_{\text{т}}}}{\left(k_{\text{пл}} a + c g_{\text{п}} \dfrac{i}{100} + k_0 + g_{\text{м}} \dfrac{i}{100} \right) b_{\text{к}}}. \qquad (2.79)$$

Количество дополнительных машин (зубовых борон, катков и др.), входящих в состав пахотного агрегата (с округлением до ближайшего большего целого числа) и общее тяговое сопротивление агрегата определяют по формулам (2.44) и (2.45) соответственно.

Расчет состава тягово-приводных агрегатов. Данные расчеты осуществляют двумя способами: 1) комплектование одномашинных агрегатов с различной шириной захвата (например, 4-, 6-, 8-рядных и т. д.); 2) комплектование многомашинных тягово-приводных агрегатов.

Для *одномашинных агрегатов*, т. к. у тягово-приводного агрегата часть мощности $N_{\text{ВОМ}}$ затрачивается на привод рабочих органов машины, максимальная ширина захвата (м) составляет

$$b_{\max} = \frac{P'^{\alpha}_{\text{т}_\text{н}} \eta_{\text{р}_\text{т}}}{k'_{0_{\text{пр}}} + g_{\text{м}} \dfrac{i}{100}}, \qquad (2.80)$$

где $P'^{\alpha}_{\text{т}_\text{н}}$ – тяговое усилие трактора на данной передаче, необходимое для передвижения тягово-приводной машины, кН;

$k'_{0_{\text{пр}}}$ – удельное тяговое сопротивление тягово-приводной машины, кН/м.

По каталогу выбирают соответствующую по ширине захвата марку машины (с округлением до меньшего числа).

В тех случаях, когда по условиям агрегатирования возможно комплектование *многомашинных тягово-приводных агрегатов*, определяют количество машин в агрегате (с округлением до меньшего целого числа):

$$n_{\text{м}} = \frac{P'^{\alpha}_{\text{т}_\text{н}} \eta_{\text{р}_\text{т}} - R_{\text{сц}}}{R_{\text{м}}}. \qquad (2.81)$$

Общее сопротивление тягово-приводного агрегата определяют по формуле

$$R_{\text{а}_{\text{пр}}} = R_{\text{м}} n_{\text{м}} + R_{\text{сц}}. \qquad (2.82)$$

Дальнейший порядок расчета аналогичен расчету тягового агрегата.

Расчет транспортных машинно-тракторных агрегатов. Метод комплектования агрегата в основном совпадает с тем, который применяют при определении состава агрегатов для выполнения технологических операций. Вместо количества рабочих машин в данном случае определяют количество прицепов в составе поезда, которые может транспортировать трактор по дороге на одной из высоких передач.

В первую очередь на транспортных передачах определяют максимальный допустимый вес тракторного поезда $G_{\max}$ (кН) с учетом уклона местности и повышенного сопротивления при трогании с места по формуле

$$G_{\max} = \frac{P_{\text{к}_\text{н}} - G_{\text{тр}} f_{\text{т}} a_{\text{тр}}}{f_{\text{пр}} a_{\text{пр}}} \qquad (2.83)$$

или

$$G_{\max} = \frac{P_{т_н} - G_{тр} f_т (a_{тр} - 1)}{f_{пр} a_{пр}}, \qquad (2.84)$$

где $a_{тр}$, $a_{пр}$ – коэффициенты, учитывающие повышение сопротивления движению трактора и прицепа при трогании с места.

Учитывая ограничения на количество прицепов в составе тракторного транспортного агрегата $n_{пр}$, при $n_{пр} = 1$

$$G_{\max} = G_{пр} + 10 q_н \gamma_с, \qquad (2.85)$$

где $q_н$ – номинальная грузоподъемность прицепа, т;

$\gamma_с$ – коэффициент использования грузоподъемности прицепа.

Среднее сопротивление транспортного агрегата

$$R_а^{тр} = G_{\max} \left(f_{пр} \pm \frac{i}{100} \right). \qquad (2.86)$$

В условиях недостаточного сцепления в формулу (2.83) вместо $P_{к_н}$ подставляют номинальное значение силы сцепления трактора с почвой $F_{с_н}$.

В том случае, когда состав транспортного агрегата заранее известен, расчет сводят к выбору низшей передачи для преодоления максимального подъема при трогании с места на участке движения исходя из неравенства

$$P_{т_н} \geq G_{пр}^{гр} \left(f_{пр} a_{пр} + \frac{i}{100} \right) + G_{тр} \left[f_т (a_{тр} - 1) + \frac{i}{100} \right]. \qquad (2.87)$$

По тяговой характеристике или справочным данным определяют передачу, необходимую для преодоления максимального подъема. По величине $R_а^{тр}$ находят аналогичным образом основные транспортные передачи.

При большой массе прицепа (поезда) и недостаточной силе сцепления трактора с полотном дороги в случае перехода от движения на ровной местности к движению на подъем возможно стаскивание трактора назад, а при спуске – наезд прицепа на трактор. Достаточность силы сцепления для преодоления подъема (особенно при трогании с места на переувлажненной грунтовой дороге, влажной стерне, снежной дороге и др.) проверяют по формуле

$$F_{с_н} - G_{тр}\left(f_т a_{тр} + \frac{i}{100} \right) \geq G_{пр}^{гр}\left(f_{пр} a_{пр} + \frac{i}{100} \right). \qquad (2.88)$$

Номинальное значение сцепления $F_{с_н}$ (кН) для трактора с прицепами находят по формулам, приведенным в п. 2.2, а с полуприцепами – по уравнению

$$F_{с_н} = \left(G_{сц} + \frac{L + l_{пр}}{l_{тр}} G_{доп} \right) \mu, \qquad (2.89)$$

где $l_{пр}$ – расстояние от прицепной серьги до вертикальной плоскости, проходящей через ось ведущих колес трактора (кинематическая длина прицепа), м;

$l_{тр}$ – кинематическая длина трактора, м;

$G_{доп}$ – нагрузка полуприцепа на прицепную серьгу трактора, кН;

μ – коэффициент сцепления движителей транспортного агрегата с дорогой.

Условием проходимости тракторного поезда на труднопроходимых участках маршрута является соблюдение следующей зависимости:

$$\frac{G_{сц}}{G_{max}} \geq \frac{f_{пр} + \frac{i}{100}}{\mu}. \qquad (2.90)$$

Обоснование режима работы агрегатов. После расчета состава агрегата уточняют фактическую скорость движения на основной рабочей передаче (или нескольких передачах) расчетным путем или по тяговым характеристикам трактора (см. формулы (2.50), (2.71)).

Аналогичным образом определяют скорость движения агрегата на холостом ходу, учитывая, что $\delta = \delta_x$, $n = n_x$.

Тяговая характеристика трактора, заданная в виде таблицы или графика, дает возможность определить скорость движения агрегата на рабочем $v_р$ и холостом $v_х$ режимах на выбранных передачах, подобрать рабочую и резервные передачи.

Определение скорости движения. Зная сопротивление агрегата $R_м$ (для тягово-приводных – $R_{а_{пр}}$) на основной рабочей передаче, по графику (рис. 2.11) определяют действительную скорость движения $v_р$ и часовой расход топлива $G_{т_р}$.

При этом должно соблюдаться условие, что сопротивление агрегата $R_м$ ($R_{а_{пр}}$) не превышает тяговые возможности трактора:

$$R_м \le \eta_{р_т}\left(P_{т_н} - G_{тр}\frac{i}{100}\right). \qquad (2.91)$$

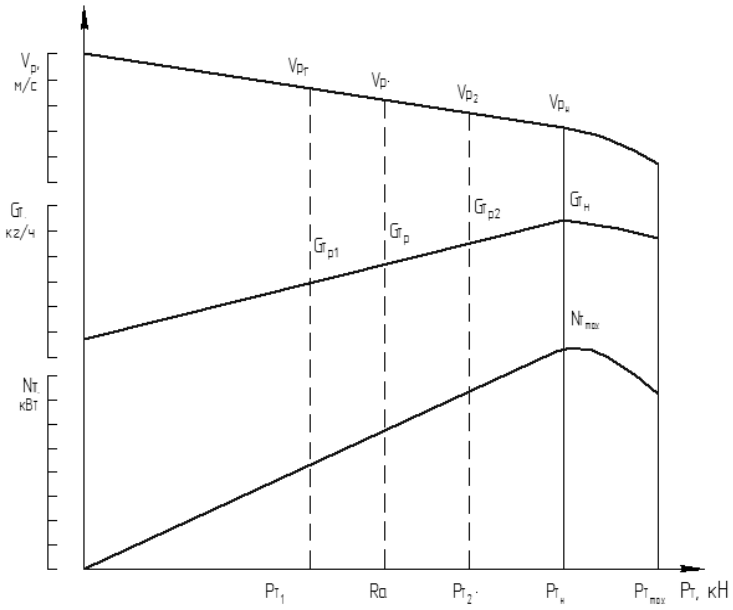


Рис. 2.11. График определения рабочей скорости агрегата и часового расхода топлива по тяговой характеристике трактора

Для этих же целей можно использовать непосредственно таблицы тяговых характеристик. Они содержат тяговые показатели тракторов на основном скоростном режиме (т. е. при полной подаче топлива) при различной степени загрузки двигателя ($0{,}8N_{\text{т}_{max}}$, $0{,}9N_{\text{т}_{max}}$, $N_{\text{т}_{max}}$), что упрощает проведение эксплуатационных расчетов.

Для определения действительной скорости движения агрегата на выбранной передаче по таблицам тяговых характеристик выбирают значения тягового усилия $P_{\text{т}_1}$ и $P_{\text{т}_2}$ с таким условием, чтобы сопротивление агрегата $R_{\text{м}}$ ($R_{\text{а}_{\text{пр}}}$) находилось между ними, т. е. $P_{\text{т}_1} < R_{\text{м}} < P_{\text{т}_2}$ (см. рис. 2.11) (например, значения $0{,}8N_{\text{т}_{max}}$ и $0{,}9N_{\text{т}_{max}}$ или $0{,}9N_{\text{т}_{max}}$ и $N_{\text{т}_{max}}$). Рабочую скорость и часовой расход топлива определяют по следующим уравнениям:

$$v_{\text{р}} = v_{\text{р}_1} - \frac{(v_{\text{р}_1} - v_{\text{р}_2})(R_{\text{м}} - P_{\text{т}_1})}{P_{\text{т}_2} - P_{\text{т}_1}}; \qquad (2.92)$$

$$G_{\text{т}_{\text{р}}} = G_{\text{т}_{\text{р}1}} + \frac{(G_{\text{т}_{\text{р}2}} - G_{\text{т}_{\text{р}_1}})(R_{\text{м}} - P_{\text{т}_1})}{P_{\text{т}_2} - P_{\text{т}_1}}, \qquad (2.93)$$

где $v_{\text{р}_1}$, $v_{\text{р}_2}$ – скорость трактора при соответствующих значениях $P_{\text{т}_1}$, $P_{\text{т}_2}$;

$G_{\text{т}_{\text{р}1}}$, $G_{\text{т}_{\text{р}2}}$ – часовой расход топлива при тех же значениях тягового усилия.

Аналогично можно рассчитать скорость движения $v_{\text{х}}$ и часовой расход топлива $G_{\text{т}_{\text{х}}}$ при холостом ходе агрегата. В этом случае сопротивление агрегата $R_{\text{х}}$ может быть промежуточным значением между $P_{\text{т}} = 0$ и $0{,}8N_{\text{т}_{max}}$, т. е. в формулы (2.92) и (2.93) вместо $R_{\text{м}}$ подставляют $R_{\text{х}}$ и $P_{\text{т}_1} = 0$.

Выбор передачи. При известном составе агрегата определяют его тяговое сопротивление $R_{\text{м}}$ и $R_{\text{а}_{\text{пр}}}$ и по тяговой характеристике, исполь-

зуя зависимость (2.91), выбирают ближайшую возможную передачу. Затем по тяговой характеристике или по формулам (2.92) и (2.93) определяют скорость движения $v_{\text{р}}$ и часовой расход топлива $G_{\text{т}_{\text{р}}}$.

Если на данной передаче скорость выше допустимой по агротехническим требованиям или технологическим возможностям машины (пропускной способности), то переходят на низшую передачу (если $R_{\text{м}} \approx (0{,}85–0{,}95) P_{\text{т}_{\text{н}}}$) или на частичный режим с уменьшенной подачей топлива на этой передаче (если $R_{\text{м}}$ было значительно меньше $R_{\text{т}_{\text{н}}}$) и в соответствии с новым режимом определяют рабочую скорость и часовой расход топлива.

Иногда при работе двигателя на основном скоростном режиме на выбранной передаче трактор значительно недогружен, а переход на более высокую передачу невозможен из-за ограничения скорости по агротехническим требованиям. В таких условиях проверяют возможность работы агрегата на повышенной передаче на частичном режиме работы двигателя, т. е. с уменьшенной подачей топлива.

Оценка правильности расчета агрегата. Для оценки правильности расчета состава агрегата и выбора рабочей передачи трактора необходимо определить коэффициент использования тягового усилия, тяговой мощности трактора, загрузки двигателя по мощности (см. формулы (2.67)–(2.70)).

Если значение $\eta_{\text{р}_{\text{т}}}$ выше оптимального (справочные данные), то необходимо перейти на низшую передачу, увеличить $P^{\alpha}_{\text{т}_{\text{н}}}$, уменьшить ширину захвата агрегата за счет количества машин либо использовать машины с меньшей шириной захвата (уменьшить $R_{\text{м}}$). Если расчеты проведены верно, то $\eta_{N_{\text{т}}} > \eta_{\text{р}_{\text{т}}}$.

Для тягово-приводных агрегатов вместо $\eta_{\text{р}_{\text{т}}}$ и $\eta_{N_{\text{т}}}$ определяют коэффициент загрузки двигателя по мощности или крутящему моменту двигателя.

Коэффициент загрузки двигателя может быть определен по крутящему моменту:

$$\eta_{M_e} = \frac{M_{e_{\text{р}}}}{M_{e_{\text{н}}}}, \qquad (2.94)$$

где $M_{e_р}$ – средний крутящий момент двигателя при соответствующей загрузке, кН·м.

Зная частоту вращения коленчатого вала двигателя *n*, крутящий момент можно определить по регуляторной характеристике. Фактическую загрузку трактора проверяют на пробной работе в загоне по частоте вращения коленчатого вала двигателя с помощью тахоспидометра, которым оснащают современные тракторы.

2.3.2. Составление агрегата в производственных условиях

После выбора машины, определения состава и скоростного режима работы машинно-тракторного агрегата приступают к *составлению агрегата в натуре*, т. е. к правильному соединению машины с трактором. При комплектовании машинно-тракторных агрегатов необходимо выбирать такой способ соединения машины с трактором, который обеспечивал бы высокое качество работ в соответствии с агротехническими требованиями, рациональное использование машин с высокой производительностью при наименьшем расходе топлива, устойчивое движение агрегата.

Правильное комплектование машинно-тракторного агрегата основано на знании эксплуатационных свойств и технико-экономических показателей тракторов и сельхозмашин с учетом эффективного использования их в конкретных условиях работы. Способ соединения машины с трактором зависит от ее типа (навесная, прицепная, полунавесная, полуприцепная, монтируемая). Каждый тип машины имеет свои эксплуатационные, технологические и конструктивные особенности, которые необходимо учитывать при составлении агрегатов.

Современные тракторы «Беларус» оснащены навесными трехточечными и тягово-сцепными устройствами, позволяющими агрегатировать все виды сельскохозяйственных машин, в т. ч. прицепов и полуприцепов. При необходимости по заказу потребителя тракторы оборудуют передним трехточечным навесным устройством, позволяющим составлять эшелонированные комплексные и комбинированные агрегаты. Навесная система оснащена универсальной раздельно-агрегатной гидросистемой с автоматической регулировкой глубины обработки почвы с силовым позиционным, смешанным и высотным способами регулирования.

На ось подвеса навесных устройств трактора «Беларус-1221» возможна установка поперечины ТСУ-1 (рис. 2.12, *а*) для агрегатирования полунавесных и полуприцепных машин.

Высоту точки прицепа в данном случае регулируют гидросистемой трактора. Для присоединения прицепных и полуприцепных машин на тракторах могут быть установлены универсальные тягово-сцепные устройства (ТСУ-2В, ТСУ-3В, ТСУ-1М-01, ТСУ-2Р).

Вилки ТСУ-2В и ТСУ-3В (рис. 2.12, *б*) предназначены для работы с прицепными и полуприцепными машинами. Для регулирования высоты точки прицепа имеется лифтовое устройство. Корпус тяговой вилки посредством пальца соединяют с кронштейном лифтового устройства. Положение тяговой вилки изменяют по высоте путем перемещения по направляющим в кронштейне и фиксируется пальцем. Тяговый брус ТСУ-1М-01 предназначен для агрегатирования тяжелых прицепных и полуприцепных машин (см. рис. 2.12, *б*) с активным приводом рабочих органов от ВОМ. Тяговый брус можно регулировать на различное расстояние относительно торца ВОМ до присоединения петли прицепа путем перестановки пальца в отверстия бруса.

Устройство типа «Питон» (ТСУ-2Р) используют для работы трактора с полуприцепными машинами и одноосными прицепами. Его устанавливают в направляющие кронштейна и закрепляют болтами.

Для присоединения прицепа вынимают палец, надевают на пяту прицепную скобу прицепа и устанавливают на место палец, предотвращающий отсоединение скобы прицепа. Тяговый брус прицепного устройства при работе с ТСУ-2Р снимают.

Задние навесные устройства тракторов «Беларус-1221» и «Беларус-1523» предназначены для агрегатирования навесных и полунавесных сельскохозяйственных машин (рис. 2.12, *в*)

Вертикальные раскосы имеют кроме круглого отверстия паз для соединения с нижними тягами при агрегатировании широкозахватных машин (для улучшения копирования рельефа). Для быстрого соединения машин при комплектовании агрегатов предусмотрены автоматические сцепные устройства. Прицепные машины можно легко присоединять к тракторам, как правило с помощью одного шарнира. Используя сцепки, составляют широкозахватные агрегаты с прицепными машинами. Эти машины хорошо копируют микрорельеф поля, не нагружают ходовую часть трактора в транспортном положении и не оказывают существенного влияния на тягово-сцепные показатели трактора.

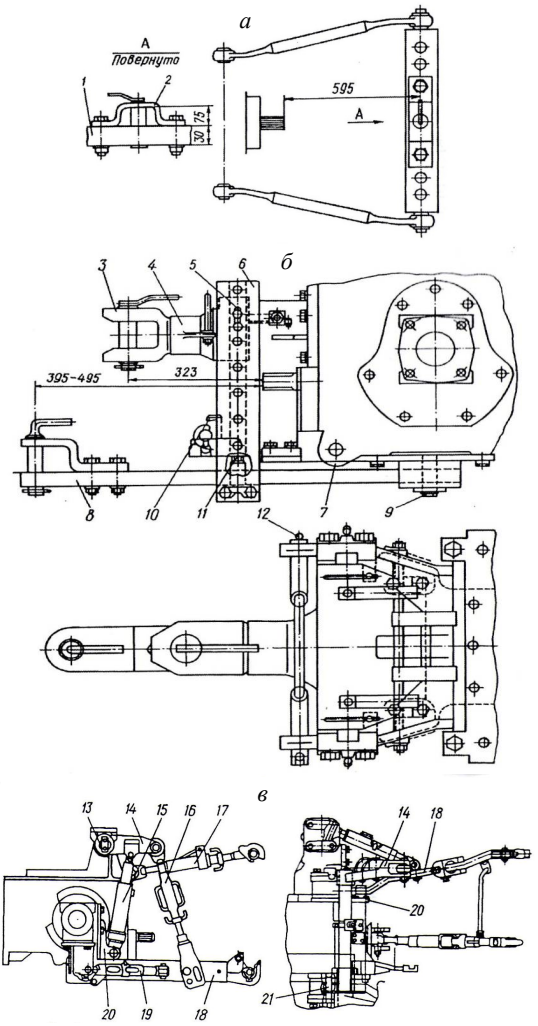


Рис. 2.12. Схемы навесных и тягово-сцепных устройств (ТСУ) тракторов:
а – ТСУ-1; *б* – ТСУ тракторов «Беларус-1221/1523»;
в – заднее навесное устройство трактора «Беларус-1523»;
1 – поперечина; *2* – накладка; *3* – тяговая вилка со шкворнем ТСУ-3В;
4 – корпус; *5*, *9*, *12* – пальцы; *6* – кронштейн; *7* – опорный кронштейн;
8 – тяговый брус ТСУ-1М-01; *10* – пята; *11* – болты крепления ТСУ-2Р;
13 – поворотный вал; *14* – наружные рычаги; *15* – гидроцилиндр;
16 – вертикальные раскосы; *17* – верхняя тяга; *18* – нижние тяги;
19 – стяжки; *20* – кронштейны; *21* – пальцы (силовые датчики)

Основные недостатки прицепных машин: относительно большая металлоемкость, худшая маневренность, большие габаритные размеры, некоторая сложность перевода в транспортное положение. Для обслуживания отдельных машин иногда требуется вспомогательный персонал.

Полунавесные машины, как уже отмечалось, имеют собственные опорные колеса, которые воспринимают часть веса машины. Другая часть через тягово-сцепное устройство передается на колеса трактора. По способу агрегатирования эти машины аналогичны прицепным, и в большинстве случаев их присоединяют к трактору сзади.

Навесные машины по сравнению с прицепными менее металлоемки, более просты в изготовлении и надежны. Они более маневренны, улучшают тягово-сцепные свойства тракторов, обеспечивают более высокую производительность. Соединение этих машин с трактором осуществляют с помощью навесных гидрофицированных устройств, которые настраивают по трехточечной схеме, обеспечивающей жесткое соединение механизма навески и машины с трактором. Однако это дает дополнительную нагрузку и ухудшает условия вождения трактора и копирования машиной микрорельефа поля. Соединение навесных машин с трактором трудоемко. При отсутствии автосцепок и приспособлений кроме тракториста необходимо участие вспомогательных рабочих. Для сокращения затрат времени и облегчения соединения навесных машин с тракторами тяговых классов 1,4 и 3 используют автоматические устройства СА-1 (рис. 2.13) и СА-2.

В зависимости от выполняемого технологического процесса и конструктивных особенностей машины применяют *симметричные* и *асимметричные* схемы размещения ее относительно продольной оси трактора (рис. 2.14).

По расположению машин относительно остова трактора выделяют агрегаты с задней (рис. 2.15, *а*), передней (рис. 2.15, *б*, *в*), боковой (рис. 2.15, *г*) и комбинированной (рис. 2.15, *д*, *е*) навесками.

Различные способы навешивания машины оказывают влияние при эксплуатации. Так, если сцепление ведущих колес трактора с почвой не позволяет реализовать подводимый ведущий момент, то следует применять такой способ, при котором догружались бы колеса трактора. Необходимо также учитывать, что способ навешивания должен обеспечивать устойчивость движения агрегата под воздействием силовых факторов (либо минимизировать их негативное влияние).

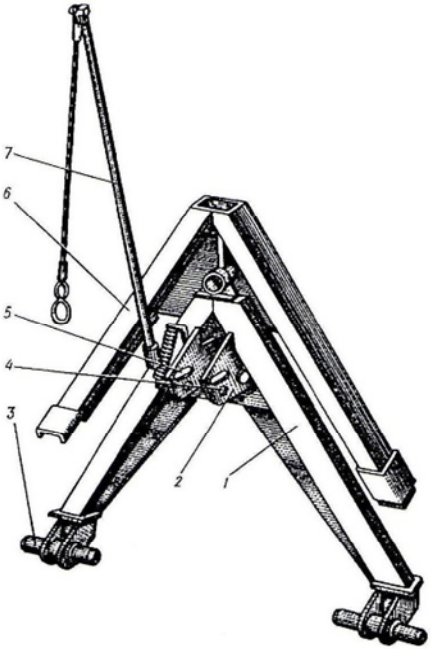


Рис. 2.13. Автоматическое сцепное устройство СА-1:
1 – рама; *2* – планка; *3* – пальцы; *4* – круглые отверстия;
5 – овальное отверстие; *6* – замок; *7* – рукоятка

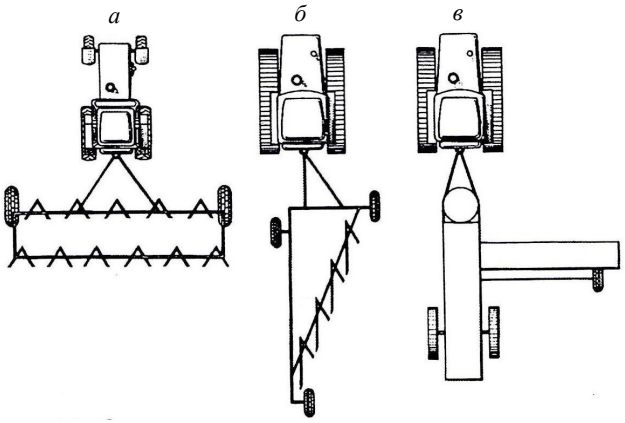


Рис. 2.14. Схемы размещения прицепных и полунавесных машин относительно трактора:
а – симметричное; *б*, *в* – асимметричное

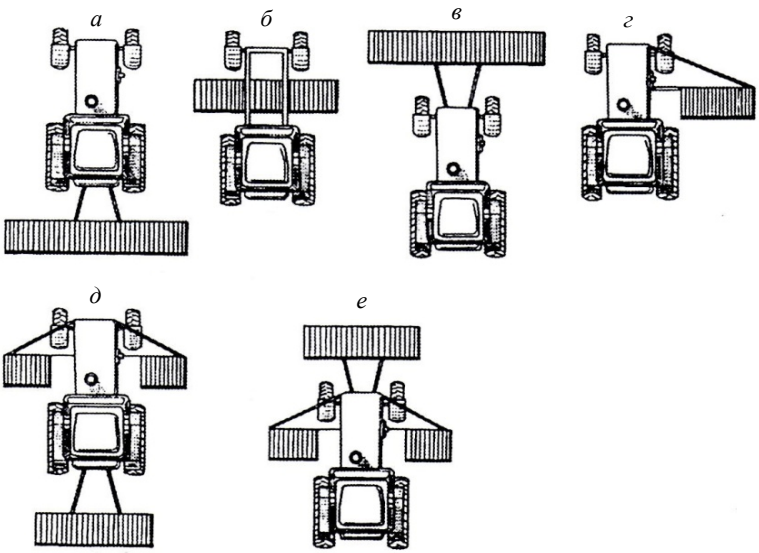


Рис. 2.15. Схемы навески машин:
а – задняя; *б*, *в* – передние; *г* – боковая; *д*, *е* – комбинированные

При комплектовании агрегатов следует принимать во внимание общие положения о динамике составленного агрегата (рис. 2.16).

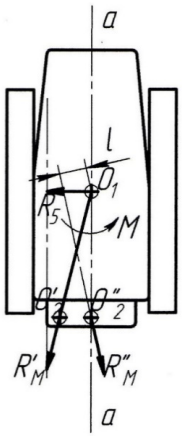


Рис. 2.16. Схема воздействия результирующей силы сопротивления прицепной части агрегата на трактор

Линию симметрии *а-а*, проходящую через центр агрегата – точку O_1, называют *линией движения*, а линию, по которой направлена проекция результирующей силы сопротивления $R'_м (R''_м)$, – *линией тяги*. Если линия тяги совпадает с линией движения, то движение агрегата наиболее устойчиво, что характерно для симметрично составленных агрегатов. Если устранить появление такого момента невозможно, то необходимо изменить точку прицепа машины на скобе трактора так, чтобы линия тяги проходила возможно ближе к центру агрегата.

Особенности комплектования пахотных агрегатов. При составлении пахотного агрегата нужно определить:

– схему движения агрегата в поле и с учетом этого ширину колеи трактора и ширину захвата плуга, согласование которых позволит обеспечить идеальное агрегатирование плуга с трактором и минимальное значение его тягового сопротивления;

– эффективную мощность двигателя трактора для работы с плугом установленной ширины захвата на требуемой скорости движения.

Современные тракторы оснащают трехточечными задними навесными устройствами, не предусматривающими их смещение относительно продольно-вертикальной плоскости симметрии трактора.

Для прямолинейности хода трактора в горизонтальной плоскости необходимо, чтобы точка π находилась на продольной оси трактора, а направление линии тяги совпадало с направлением его поступательного движения. Первое условие обеспечивается согласованием ширины колеи трактора с шириной захвата плуга, а второе – размещением полюса π над стенкой борозды среднего корпуса плуга или несколько левее ее. В горизонтальной плоскости проекций (рис. 2.17) на плуг действуют сила R_{xy}, приложенная к среднему корпусу, и сопротивление перекатыванию опорного колеса O_x. Сложение этих сил в точке *1* дает результирующую R, пересекающую в точке *2* направление силы F. Сила R уравновешивается реакцией стенки борозды (сила F) и тяговым усилием трактора. Если фиктивная точка прицепа π расположена на прямой, проведенной через точку *2* параллельно направлению поступательного движения трактора, то, как следует из рис. 2.17, направление тягового сопротивления плуга P совпадает с направлением поступательного движения трактора.

Смещение точки прицепа вправо в положение π' изменяет направление линии тяги и уменьшает тяговое сопротивление плуга – сила $P' < P$ (см. многоугольник сил на рис. 2.17). Однако для значи-

тельного уменьшения тягового сопротивления плуга линия тяги должна быть сильно отклонена (при угле δ′ = 10° проекция силы *P′* на ось *x* меньше силы *P* всего на 10 %), что нарушает устойчивость хода трактора. Смещение точки прицепа влево в положение π″ влечет увеличение тягового сопротивления плуга, т. к. при этом возрастает давление на полевую доску (*F″* < *F*), и появление боковой тяги. При угле δ″ = 10° проекция силы *P″* на ось *x* превышает величину силы *P* приблизительно на 10 %.

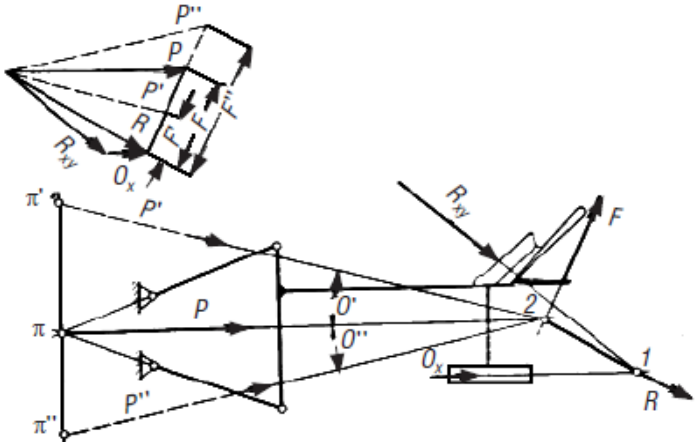


Рис. 2.17. Схема сил, действующих на навесной плуг в горизонтальной плоскости

Оптимальным следует считать направление линии тяги, совпадающее с направлением поступательного движения трактора, когда точка прицепа находится над стенкой борозды среднего корпуса плуга или несколько левее этой стенки.

Следовательно, величина тягового сопротивления плуга и давление на полевую доску не зависят от того, на каком расстоянии от плуга расположена точка прицепа. Однако чем ближе она к плугу, тем быстрее восстанавливается нормальное положение плуга после его случайного бокового смещения относительно трактора и горизонтальной плоскости. Приближение точки прицепа к плугу обеспечивает также бóльшую свободу поворота плуга относительно трактора.

Широкозахватные агрегаты. Производительность тракторного агрегата определяют величиной тяговой мощности. Для полного

использования мощности трактора необходимо комплектовать агрегаты с оптимальными параметрами и выбирать рациональные скоростные режимы их работы. В тех случаях, когда использование повышенных скоростей ограничивается качественными условиями применения машин, целесообразно увеличивать ширину захвата машин. В настоящее время с энергонасыщенными тракторами комплектуют в основном широкозахватные навесные агрегаты (b > 6 м).

Для того чтобы навешенная машина могла отдельно от трактора изменять свое положение в поперечной плоскости (приспосабливаться к неровностям поверхности поля), у тракторов класса 1,4 вилки раскосов с продольными тягами соединяют через продолговатые отверстия.

Комплексные и комбинированные агрегаты. Для подготовки почвы к посеву необходимо провести несколько технологических операций. Многократные проходы почвообрабатывающих агрегатов по полю неизбежно приводят к чрезмерному уплотнению и распылению почвы. Многократные обработки почвы затягивают сроки работ и увеличивают затраты труда и средств. Поэтому все шире применяют систему минимальной обработки почвы, позволяющую сократить число обработок и проходов тракторов по полю.

Комплексные машинно-тракторные агрегаты включают технологически разнородные машины (орудия) для выполнения различных операций. В комбинированных агрегатах на общей раме в определенной (технологической) последовательности установлены разные по назначению рабочие органы для выполнения различных операций. Использование таких агрегатов позволяет сократить разрыв во времени между отдельными технологическими операциями, что сокращает сроки проведения полевых работ и потери влаги (например, при предпосевной обработке почвы и посеве). Лучше использовать мощность трактора в агрегате и снизить удельный расход топлива на единицу площади, сократить число проходов трактора по полю, а следовательно, уменьшить уплотнение, распыление и эрозию почвы, по сравнению с применением отдельных машин на различных операциях сократить затраты труда и средств на их выполнение, повысить производительность труда и снизить себестоимость сельскохозяйственной продукции.

Комплектование разнородных машин в одном агрегате допустимо лишь при условии, что оптимальные скорости движения отличаются

незначительно. Важны для качества работы способ и последовательность соединения машин (орудий) в агрегате. В комплексных агрегатах машины должны быть размещены в последовательности, определенной агротехническими требованиями к технологическому процессу. Например, при комплектовании агрегата для культивации и боронования почвы бороны должны находиться позади культиваторов.

По способу соединения в комплексных агрегатах машины (орудия) могут располагаться параллельно или последовательно.

В первом случае (*технологически асимметричный агрегат*) создается разрыв во времени между разными видами совмещаемых операций в пределах одного технологического цикла, требуя движения с поворотами только в одну сторону. Например, в комплексном агрегате, схема которого показана на рис. 2.18, часть вспаханной за первый проход полосы рыхлится при следующем проходе агрегата.

Во втором случае (*технологически симметричный агрегат*) технологические операции выполняют одну за другой с минимальным разрывом во времени. В этом случае возможны различные способы движения и виды поворотов.

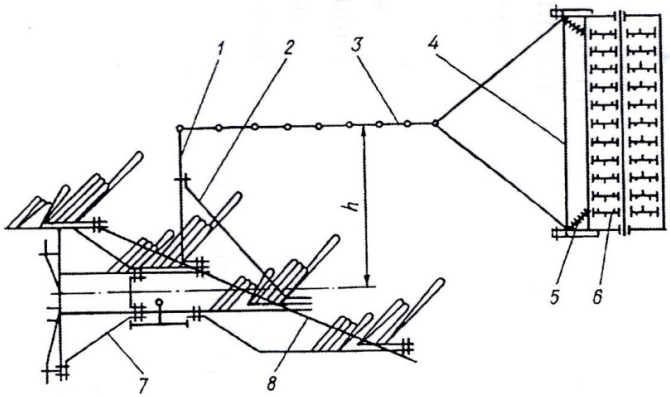


Рис. 2.18. Схема агрегатирования плуга ПН-4-35 с катками:
1 – кронштейн; *2*, *7* – распорки; *3* – трос; *4* – выравнивающий брус;
5 – пружина; *6* – кольчато-шпоровый каток; *8* – плуг
(*h* – смещение точки прицепа катка относительно продольной оси трактора)

Транспортные агрегаты. Агрегатирование тракторов в составе транспортных агрегатов должно удовлетворять прежде всего требованиям техники безопасности при движении по дорогам. Исходя

из этого для тракторов каждого тягового класса подбирают прицепы соответствующей грузоподъемности и способы их агрегатирования.

Транспортные средства оборудуют тормозами и световой сигнализацией. Машины большой грузоподъемности, агрегатируемые с тракторами тяговых классов 3 и 5, имеют пневматический привод тормозов. На транспортных средствах грузоподъемностью до 5–6 т используют гидравлическое и пневматическое управление колодками тормозов. Тракторы класса 1,4 оборудуют компрессором пневматической системы для обеспечения работы тормозной системы: пневматической (от тормозного крана) или гидравлической (через пневматический переходник). Пневматическая система привода тормозов у этих тракторов может работать по однопроводной или двухпроводной схеме привода.

Комплектуя транспортные агрегаты, необходимо убедиться в исправности тормозной системы, средств световой и звуковой сигнализации (указателей поворотов, торможения и габаритов, освещения номерных знаков, сигнала).

При агрегатировании тракторы класса 1,4 соединяют с полуприцепами с помощью гидрокрюка (рис. 2.19). Соединять их с вилкой прицепного устройства не допускается, т. к. происходит разгрузка передних колес и ухудшается управление трактором.

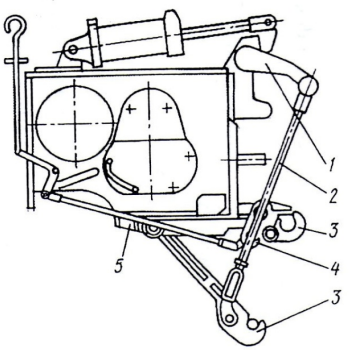


Рис. 2.19. Гидрофицированный прицепной крюк тракторов класса 1,4:
1 – подъемные рычаги; *2* – тяги крюка; *3* – тяговые крюки;
4 – захват крюка; *5* – прицепной брус (кронштейн)

Для работы с двухосными прицепами на трактор устанавливают буксирное устройство, снабженное амортизирующей пружиной. Уст-

ройство крепят к кронштейну механизма навески при снятой центральной тяге. При транспортных работах колею передних и задних колес трактора устанавливают не менее 1600 мм. Педали тормозов левого и правого колес блокируют и проверяют колеса на одновременность торможения.

После присоединения прицепа к трактору проверяют надежность скрепления замкового устройства гидрокрюка. Затем соединяют шланги гидроподъемника прицепа с гидросистемой трактора (через разрывные гидромуфты), штепсельные разъемы электрооборудования прицепа и трактора, пневмосистему управления тормозами прицепов. Если прицепы оборудованы гидравлическими тормозами, необходимо достать главный тормозной цилиндр из седла, прикрепленного на дышле прицепа, и установить его в седло пневматического гидропереходника на тракторе.

2.3.3. Технологическая наладка агрегатов

Неправильная настройка машин и регулировка их рабочих органов приводят к нарушению геометрических параметров (изгибу и скручиванию деталей) и другим неисправностям, снижающим качество выполнения полевых работ. Поэтому для проверки и настройки машинно-тракторного агрегата рекомендуют использовать бетонированные площадки, которые должны иметь разметочные линии и оборудование для установки рабочих органов машин и орудий. Регулировку агрегатов проводят после сборки новой машины и ремонта, при составлении МТА и проведении технического обслуживания, при нарушении качественных показателей работы машины.

Контроль технологической настройки машинно-тракторных агрегатов производят на площадке, которая размещается на территории центрального или бригадного машинного двора. Проект такой площадки для сельскохозяйственных предприятий (организаций) Республики Беларусь был разработан РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (рис. 2.20). Площадка имеет горизонтальную рабочую поверхность размером 10,0×14,5 м и возвышается над уровнем земли на 100–200 мм. Для заезда и выезда края площадки имеют с четырех сторон уклон 0,1°. Покрытие должно выдерживать нагрузку до 20 т. Осевая линия площадки изготавливается из уголка или арматуры. Ее можно нанести также краской по поверхности бетона.

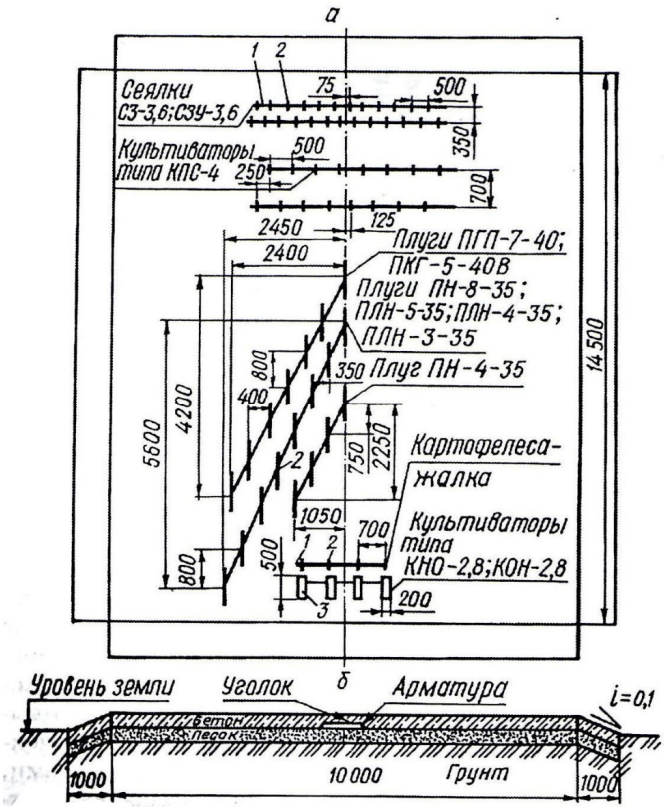


Рис. 2.20. Схема (*а*) и строительные элементы (*б*) площадки для проверки и настройки МТА (размеры даны в миллиметрах)

На площадке наносят линии разметки отдельно для проверки плугов, культиваторов, сеялок и других машин. Здесь должны быть: универсальные подкладки под колеса для установки на заданную глубину обработки почвы, динамометр для проверки усилия сжатия пружин сеялок и культиваторов, приспособления для проверки расстановки сошников, угла схождения дисков и установки и проверки нормы высева семян, линейки для предварительной установки глубины высева семян и проверки вылета катушки, мерная линейка и шнур.

Последовательность выполнения операций при проверке и настройке машинно-тракторных агрегатов определяется технологическими картами, в которых указаны порядковый номер операций,

их наименование, приемы проверки и настройки машин, применяемые приспособления и инструмент, исполнители.

Расстановку рабочих органов и геометрических схем выполняют следующим образом. Машину (кроме плугов) в транспортном положении завозят на разметку строго по осевой центральной линии. Пахотные агрегаты устанавливают по схеме для вождения трактора по непаханому полю или открытой борозде. Затем рабочие органы опускают на линию разметки. Если носок лапы культиватора или лемеха плуга выходит за пределы пересекающихся линий, то необходимо определить, почему это происходит. Возможны укомплектование машины различными рабочими органами, погнутость стоек, грядилей, штанг, несоосность отверстий крепления стоек и т. д. Если после проверки эти узлы и детали окажутся исправными и соответствующими техническим условиям, то необходимо проверить брусья и рамы на прямолинейность и соответствие геометрическим схемам. После совпадения носков рабочих органов (лемехов, лап культиватора) или центров дисков (сеялки) с линиями пересечения машину настраивают на заданную глубину обработки почвы или посева.

Использование площадки с разметкой позволяет быстро и точно проверять правильность расстановки рабочих органов, геометрические параметры, настраивать машины и агрегаты на заданную глубину обработки. При этом в 1,2–2,0 раза снижаются затраты труда, повышается культура производства.

При наладке машин желательно записывать в специальную карточку значения регулируемых параметров, положение регулирующих устройств и т. п., чтобы в случае их нарушения при транспортировке машины в поле произвести корректировку перед началом работы.

Расчет длины вылета маркера и следоуказателя. Для обеспечения прямолинейности движения и одинаковой ширины стыковых междурядий при посеве (посадке) агрегаты оборудуют маркерами и следоуказателями.

Маркер – приспособление, которое оставляет на почве след. Обычно маркер конструктивно выполнен в виде сферического диска, смонтированного на конце раздвижных штанг, которые шарнирно связаны с рамой сеялки или сцепки. Маркер делает в почве бороздку со стороны незасеянного поля, по которой тракторист при последующем проходе направляет правое переднее колесо (край гусеницы) или ориентирует следоуказатель.

Следоуказатель крепится к передней части трактора и представляет собой легкую штангу, к концам которой подвешивают небольшой груз, направляемый по следу маркера. В широкозахватных агрегатах следоуказатель применяют с целью уменьшения вылета маркера. В одномашинных агрегатах следоуказатель можно использовать и без маркеров, направляя груз по следу колеса машины или центру крайнего рядка предыдущего прохода. По маркерному следу можно вести и середину трактора (визиром, установленным по направлению продольной оси трактора или пробкой радиатора).

Вылет маркера, т. е. расстояние от его диска до крайнего рабочего органа, можно определить, используя схему на рис. 2.21. Вылет маркера вправо и влево для симметричного агрегата при вождении по следоуказателю

$$X_{\text{п}} = X_{\text{л}} = 0{,}5b - X_{\text{с}} + m, \tag{2.95}$$

где $X_{\text{с}}$ – вылет следоуказателя, м;

m – ширина стыкового междурядья, м.

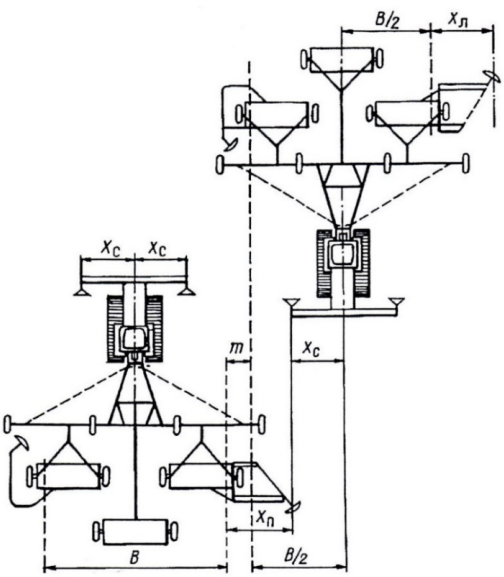


Рис. 2.21. Схема для определения вылета маркера и следоуказателя

Если тракторист направляет по следу маркера середину правого колеса или внешний обрез правой гусеницы, то вылет маркера определяют следующим образом:

$$X_{\text{л}} = 0,5(b + C) + m; \tag{2.96}$$

$$X_{\text{п}} = 0,5(b - C) + m, \tag{2.97}$$

где C – расстояние между серединами передних колес трактора или внешними обрезами гусениц, м.

При движении серединой трактора по следу маркера (визиром, пробкой радиатора) вылеты левого и правого маркера будут одинаковыми:

$$X_{\text{л}} = X_{\text{п}} = 0,5b + m. \tag{2.98}$$

Вылет следоуказателя должен быть небольшим, чтобы обеспечить точность вождения и исключить утомляемость тракториста. Угол зрения в связи с этим не должен превышать 45°.

В зависимости от состава агрегата и способа движения применяют один или два маркера. При работе одномашинного агрегата используют один перекидной маркер. В случае применения загонных способов движения всвал и вразвал требуется только один маркер, при челночном – два.

В настоящее время разработаны и находят практическое применение системы вождения типа TRACK-Gude, в которых ориентацию агрегата на поле осуществляют с использованием спутниковых сигналов. Применение указанных систем позволяет автоматизировать процесс вождения машинно-тракторных агрегатов при соблюдении прямолинейности и ширины стыковых междурядий.

2.4. Способы движения агрегатов

Большинство производственных операций в сельском хозяйстве выполняют мобильными агрегатами, т. е. их работа связана с движением. Движение агрегата с точки зрения его геометрических форм при выполнении сельскохозяйственных работ называется *кинематикой*.

2.4.1. Основные элементы кинематики агрегатов

При движении агрегата различают рабочие ходы, близкие к прямолинейным, и холостые – связанные с поворотами и заездами.

За сельскохозяйственный сезон агрегат проходит большой путь. Например, для того чтобы вспахать 100 га, трактор «Беларус» должен пройти путь 1050–1150 км, из них 70–90 км – на холостом ходу. На холостые ходы затрачиваются время и топливо, поэтому сокращение их до минимума имеет большое значение для повышения производительности МТА и снижения затрат на их работу.

Холостые ходы агрегата можно разделить на два вида: переезды к месту работы и с участка на участок; холостые повороты и заезды на концах гонов. В первом случае уменьшение количества холостых ходов связано с организацией работ, во втором – зависит от формы и длины загонов, состава агрегата, вида поворота и способа движения.

Кинематические характеристики рабочего участка. Часть поля (или все поле), на котором выполняется определенная производственная операция, называется *рабочим участком* (рис. 2.22).

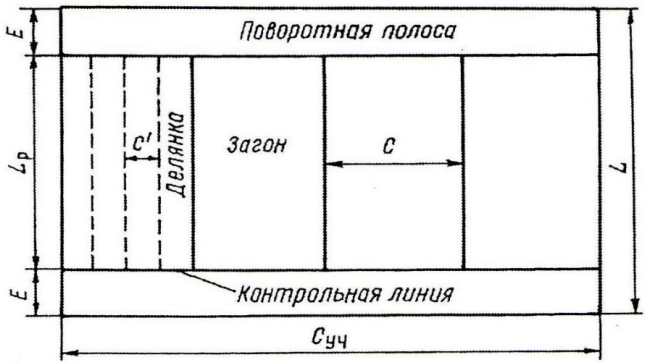


Рис. 2.22. Схема рабочего участка:
$C_{уч}$ – ширина участка (поля); L – длина загона; C – ширина загона;
$L_р$ – рабочая длина гона; C' – ширина делянки; E – ширина поворотной полосы

Для проведения технологической операции в соответствии с принятым способом движения поле разбивают на *загоны*. Иногда для более рациональной организации работы агрегатов внутри загонов выделяют *делянки*.

На концах рабочих участков для поворотов агрегатов временно выделяют *поворотные полосы*, отделяемые *контрольными линиями* от остальной части загона и служащие ориентиром для включения и выключения рабочих органов машин. Поворотные полосы выделяют тогда, когда нельзя выполнить повороты агрегата вне обрабатываемого поля.

При обработке участка в двух направлениях поворотные полосы выделяют с четырех сторон с последующей их обработкой круговым способом. Ширина поворотной полосы для посевных и посадочных агрегатов должна быть кратна рабочей ширине захвата агрегата. Поля подготавливают заблаговременно, до начала работ (разбивают на участки, нарезают контрольные линии, обкашивают загоны, делают прокосы транспортных магистралей и т. д.).

Кинематические характеристики агрегата. Если различные точки машинно-тракторного агрегата при повороте проходят неодинаковый путь, то о траектории и скорости движения судят по движению его *кинематического центра*.

В качестве кинематического центра агрегата (ЦА) условно приняты (рис. 2.23):

– для агрегатов с колесным трактором, имеющим одну ведущую ось, – проекция середины ведущей оси на плоскость движения;

– для агрегатов с гусеничным трактором – проекция на плоскость движения пересечения продольной оси с прямой, соединяющей середины опорных частей гусеницы (центр давления);

– для агрегатов с трактором, имеющим две ведущие оси и управляемые колеса на каждой, – проекция на плоскость движения середины прямой, соединяющей середины ведущих осей;

– для агрегатов с колесным трактором, имеющим шарнирный остов, – центр шарнира (проекция на плоскость движения).

Кинематическая длина агрегата $l_к$ (рис. 2.24, *а*) – проекция расстояния от центра агрегата до линии расположения последних рабочих органов.

При наличии сцепки в агрегате

$$l_к = l_{тр} + l_{сц} + l_м, \qquad (2.99)$$

где $l_{тр}$ – кинематическая длина трактора, м;

$l_{сц}$ – кинематическая длина сцепки, м;

$l_м$ – кинематическая длина машины, м.

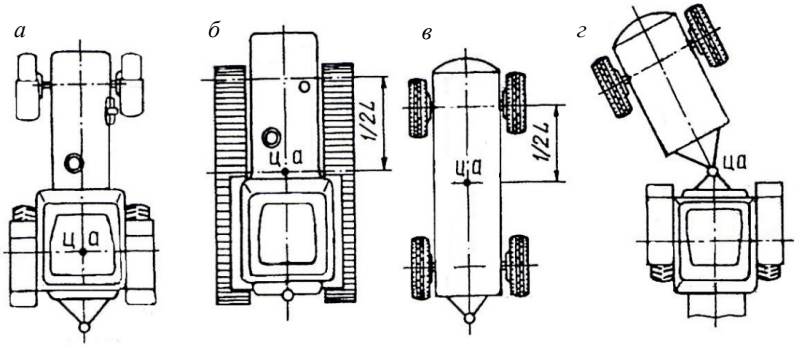


Рис. 2.23. Расположение условного ЦА:
а – колесный трактор с одной ведущей осью; *б* – гусеничный трактор;
в – колесный трактор с двумя ведущими осями и управляемыми колесами на них;
г – колесный трактор с шарнирной рамой

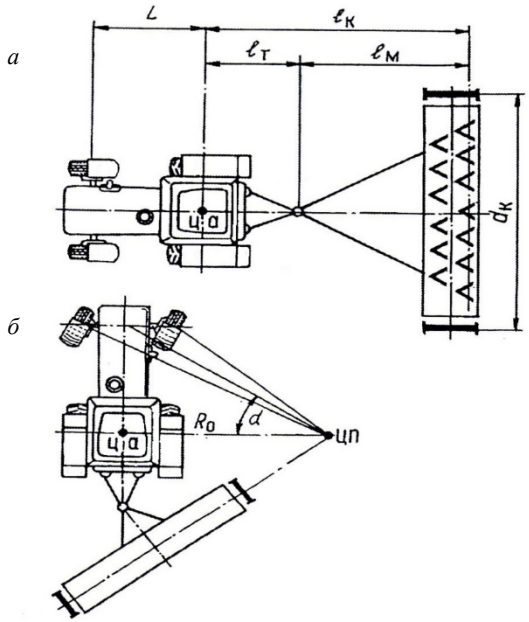


Рис. 2.24. Схемы для определения кинематических характеристик агрегата:
а – при прямолинейном движении; *б* – на повороте
(ЦА – центр агрегата; ЦП – центр поворота)

Кинематическая ширина агрегата $d_к$ – расстояние между крайними точками по ширине (проекция).

Центр поворота агрегата (ЦП) – точка, относительно которой осуществляется поворот (см. рис. 2.24, *б*).

Радиус поворота R_0 – расстояние между центрами агрегата и поворота. Это одна из важнейших кинематических характеристик, определяющих длину поворота и ширину поворотной полосы.

Для уменьшения затрат времени на холостые ходы необходимо стремиться к тому, чтобы радиус поворота был минимальным. Нормальное перекатывание колес при повороте агрегата обеспечивается тогда, когда они перемещаются по касательным к концентрическим окружностям без бокового сдвига, а центр поворота лежит на пересечении продолжений осей колес. Минимальный радиус поворота находят графическим или опытным путем. Из геометрического построения (см. рис. 2.24, *б*) минимальный радиус поворота (м)

$$R_0 = L\text{ctg}\alpha, \qquad (2.100)$$

где α – средний угол поворота направляющих колес по отношению к оси ведущих колес.

Таким образом, минимальным радиусом поворота агрегата является радиус такой окружности, движение по которой конструктивно возможно в данных условиях без поломок агрегата, а ее длина равна фактической длине поворота.

В действительности радиус поворота агрегата является переменной величиной, однако для упрощения эксплуатационных расчетов допускается принимать его постоянным. При этом длину дуги окружности подбирают так, чтобы она была равна фактической длине поворота.

Минимальный радиус поворота зависит от состава агрегата, его маневренности и скорости движения. Обычно принимают, что для навесных агрегатов минимальный радиус поворота равен конструктивному радиусу поворота трактора (но не менее 5–6 м); для широкозахватных агрегатов (B > 6 м) – ширине захвата агрегата; для агрегатов с большой кинематической длиной – ее длине.

Длина выезда агрегата e – путь, пройденный агрегатом с момента выключения (включения) рабочих органов машины до их

полного выхода (входа) при поворотах агрегата. Для прицепных агрегатов длину выезда принимают $e = (0{,}25–0{,}75)\,l_к$; для навесных $e = (0–0{,}1)\,l_к$; для агрегатов с передней фронтальной навеской машин $e = –l_к$.

Коэффициент рабочих ходов φ – основная характеристика кинематики агрегата, т. к. от его величины зависит производительность агрегата. Он представляет собой отношение рабочего пути $S_р$, пройденного агрегатом при обработке участка на рабочем ходу, к общему пути за время работы:

$$\varphi = \frac{S_р}{S_р + S_х}. \qquad (2.101)$$

Коэффициент рабочих ходов φ зависит от размеров участка (загона), состава агрегата, способа движения и вида поворота. Чем больше φ, тем выше производительность агрегата.

2.4.2. Классификация поворотов агрегата

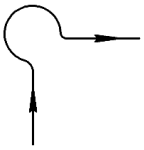
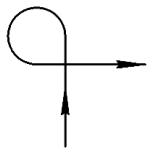
Виды поворотов. Повороты и заезды агрегата во время работы составляют 10 %–12 % от общего пути, а на коротких участках – до 40 %. Для правильного выбора поворотов и сокращения холостого пути необходимо знать рациональные виды поворотов при различных способах обработки участков (табл. 2.4).

Повороты бывают *петлевые* и *беспетлевые*. Петлевые повороты применяют в тех случаях, когда расстояние между двумя смежными проходами меньше двух радиусов поворота. Если же расстояние между проходами больше двух радиусов, повороты беспетлевые. С точки зрения экономии времени наиболее выгодными являются беспетлевые повороты.

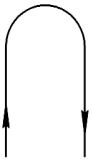
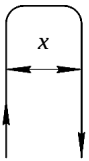
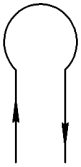
Грибовидные повороты (см. табл. 2.4) позволяют до минимума уменьшить ширину поворотной полосы *Е*. Однако они занимают много времени, так как приходится дважды переключать передачи. Эти повороты чаще всего используют при междурядной обработке. Обычно во время работы агрегатов сочетают различные повороты на одном участке.

Таблица 2.4

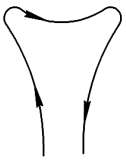
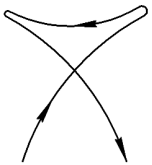
Основные виды и длина поворотов, ширина поворотной полосы

Поворот на 90°	Беспетлевой	Петлевой с открытой петлей	Петлевой с закрытой петлей
Схема			
Длина $l_х$	$(1{,}6–1{,}8)R_0 + 2e$	$(6{,}0–8{,}5)R_0 + 2e$	$(5{,}0–6{,}5)R_0 + 2e$
Ширина E	$1{,}1R_0 + 0{,}5d_к + e$	$2{,}8R_0 + 0{,}5d_к + e$	$2R_0 + 0{,}5d_к + e$

Продолжение таблицы 2.4

Поворот на 180°	Беспетлевой дуговой	Беспетлевой с прямолинейным участком	Петлевой грушевидный
Схема			
Длина $l_х$	$(3{,}2–4{,}0)R_0 + 2e$	$(1{,}4–2{,}0)R_0 + x + 2e$	$(6{,}6–8{,}0)R_0 + 2e$
Ширина E	$1{,}1R_0 + 0{,}5d_к + e$	$1{,}1R_0 + 0{,}5d_к + e$	$2{,}8R_0 + 0{,}5d_к + e$

Окончание таблицы 2.4

Поворот на 180°	Петлевой восьмеркообразный	Грибовидный с открытой петлей	Грибовидный с закрытой петлей
Схема			
Длина $l_х$	$(8{,}0–9{,}0)R_0 + 2e$	$(4{,}1–5{,}0)R_0 + 2e$	$(5{,}0–5{,}5)R_0 + 2e$
Ширина E	$3R_0 + 0{,}5d_к + e$	$1{,}1R_0 + 0{,}5d_к + e$	$1{,}1R_0 + 0{,}5d_к + e$

Определение длины поворота и ширины поворотной полосы. Рассмотрим, как определяются эти параметры, на примере петлевого грушевидного и беспетлевого дугообразного поворотов.

Грушевидный петлевой поворот на 180° производят главным образом при холостых заездах во время гоновой работы симметричных агрегатов (рис. 2.25, *а*).

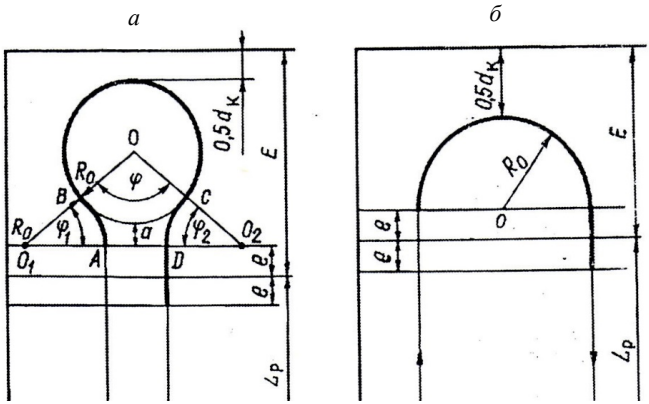


Рис. 2.25. Схемы для определения длины поворотов и ширины поворотной полосы: *а* – петлевого грушевидного; *б* – беспетлевого дугообразного

Как видно из рис. 2.25, $\angle\varphi_1 = \angle\varphi_2 = 90° - \dfrac{\varphi}{2}$. Суммарная длина поворота (м) составляет

$$l_{\text{х}} = 2\pi R_0 - BC + AB + CD + 2e. \qquad (2.102)$$

Так как

$$BC = \frac{2\pi R_0 \varphi}{360°}; \quad AB = \frac{2\pi R_0}{360°}(90° - 0,5\varphi),$$

то после преобразований получаем

$$l_{\text{х}} = 6R_0 + 2e. \qquad (2.103)$$

При этом ширина поворотной полосы (м)

$$E = 2R_0 + \alpha' + 0,5d_{\text{к}} + e \approx 2,8R_0 + 0,5d_{\text{к}} + e, \qquad (2.104)$$

где α' – расстояние от входа агрегата в поворот до окружности ($\alpha' = 0{,}8R_0$).

Для беспетлевого поворота по окружности на 180° (дугообразного) согласно рис. 2.25, *б* длина поворота состоит из половины окружности и двойной длины выезда агрегата

$$l_{\text{х}} = \pi R_0 + 2e, \tag{2.105}$$

ширина поворотной полосы

$$E = R_0 + 0{,}5d_{\text{к}} + e. \tag{2.106}$$

Аналогично определяют длину поворота и ширину поворотной полосы для других видов поворотов.

2.4.3. Способы движения агрегатов

Движение машинно-тракторных агрегатов при работе на участке характеризуется определенной цикличностью. В каждый цикл входят рабочий ход и поворот для изменения направления движения. Закономерно (циклично) повторяющееся чередование рабочих ходов, поворотов и заездов называется *способом движения агрегата*. Насчитывается более 50 различных способов движения машинно-тракторных агрегатов. Классификация видов и способов движения агрегатов в зависимости от различных признаков приведена на рис. 2.26.

На практике наибольшее распространение получила классификация способов движения по направлению рабочих ходов:

– *гоновое* – рабочие ходы агрегата параллельны хотя бы одной стороне участка;

– *круговое* – рабочие ходы агрегата, как правило, параллельны всем сторонам участка;

– *диагональное* – характеризуется перемещением агрегата под углом к сторонам участка.

Наиболее типичным гоновым способом движения агрегатов является *челночный*. Он используется в основном при работе симметричных агрегатов (посев, посадка, культивация и др.). При этом коэффициент рабочих ходов φ определяют исходя из формулы (2.101) следующим образом.



Рис. 2.26. Классификация способов движения агрегатов

Основные способы движения агрегатов показаны на рис. 2.27.

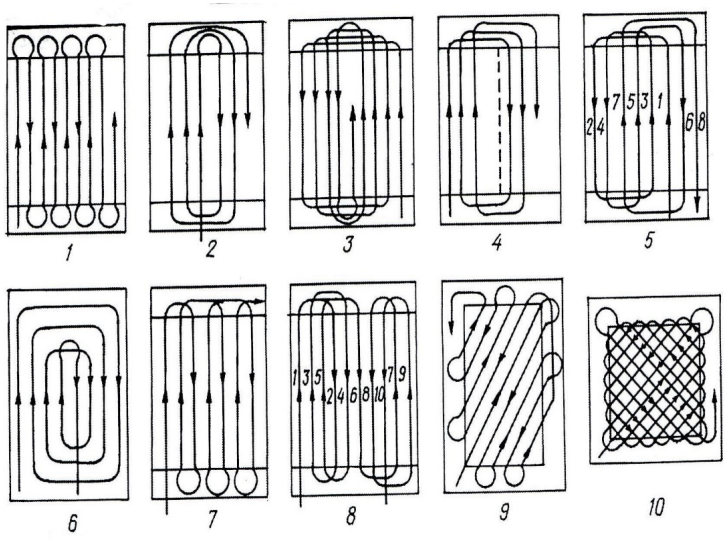


Рис. 2.27. Основные способы движения агрегатов:
1 – челночный; *2* – всвал; *3* – вразвал; *4* – перекрытием; *5* – комбинированный;
6 – круговой; *7* – челночный односторонний; *8* – пропашка;
9 – диагонально-челночный; *10* – диагонально-перекрестный

Если рабочая длина гона $L_р$, а ширина загона C, то общая длина рабочих ходов (м)

$$S_р = L_р n_р = L_р \frac{C}{b_р}, \qquad (2.107)$$

где $n_р = \frac{C}{b_р}$ – количество рабочих ходов в загоне.

Количество холостых ходов в загоне, как правило, на один меньше, чем рабочих ходов. Однако если принять, что после обработки первого загона агрегат переезжает на второй и путь переезда примерно равен длине петлевого поворота, количество рабочих и холостых ходов будет одинаковым, т. е. $n_{р.\,х} \approx n_{х\times х}$. Тогда

$$\varphi = \frac{L_р \frac{C}{b_р}}{L_р \frac{C}{b_р} + (6R_0 + 2e)\frac{C}{b_р}} = \frac{L_р}{L_р + 6R_0 + 2e}. \qquad (2.108)$$

Так же можно определить значение φ и для других способов движения.

Выбор того или иного способа связан с технологическим процессом, конструктивными особенностями агрегата, подготовкой поля, рельефом и другими условиями использования машинно-тракторных агрегатов. При работе агрегата может быть использовано сочетание различных способов движения.

Способы движения *всвал* и *вразвал* широко применяют при вспашке, уборке сельскохозяйственных культур и на других работах. При уборке зерновых и силосных культур широко используют *круговой* способ движения.

Диагональный способ движения применяют преимущественно при поверхностной обработке почвы, а *диагонально-перекрестный* – при посеве. Способ движения *перекрытием* чаще всего наблюдается на уборке пропашных культур.

Выбирая способ движения, исходят прежде всего из того, чтобы было обеспечено необходимое качество работы, удобство обслужи-

вания, сокращены до минимума вспомогательные операции. Если для выполнения данной операции можно применить различные способы, то следует выбирать тот, который обеспечивает наибольшее значение коэффициента рабочих ходов φ. Значение φ зависит не только от способа движения агрегата, но и от ширины и радиуса его поворота, формы и размеров участка. Наибольшее влияние на величину φ оказывает длина гона. Коэффициент φ особенно резко уменьшается при работе агрегатов на участках с длиной гона менее 600–800 м. С увеличением радиуса поворота R_0 коэффициент рабочих ходов уменьшается, т. к. рост R_0 ведет к увеличению длины холостого поворота. По этой причине при петлевых поворотах агрегата значение φ будет меньше, чем при беспетлевых. Однако с увеличением длины гона это влияние заметно уменьшается. Поскольку радиус поворота непосредственно связан с шириной захвата агрегата, она также влияет на коэффициент рабочих ходов. При этом на коротких участках значение φ больше у агрегатов с меньшей шириной захвата.

При загонной схеме обработки полей большое влияние на значение φ оказывает ширина загона. С увеличением и уменьшением ширины загона C по сравнению с некоторым оптимальным значением $C_{опт}$ коэффициент φ уменьшается, т. к. возрастают холостые ходы при поворотах и заездах. Для одного и того же способа движения оптимальная ширина загона возрастает с увеличением длины гона. Разбивая поля на загоны, нужно учитывать и то, что суммарная площадь загонов, обрабатываемых агрегатом в течение смены (суток), должна быть равна сменной (суточной) его производительности. Действительное значение C тоже должно быть не меньше $C_{опт}$ и кратно двойной ширине захвата агрегата.

2.5. Производительность агрегатов и пути ее повышения

Производительность агрегата – это объем работы в установленных единицах (га, т, т·км и т. п.) определенного качества, выполненный агрегатом в единицу времени (ч, смену, сутки, сезон и т. д.). В зависимости от принятой единицы времени различают виды производительности: часовая, сменная, суточная (дневная), сезонная (годовая). В свою очередь, различают производительность теоретическую, техническую (нормативную) и эксплуатационную (фактическую).

Теоретическая производительность $W_т$ соответствует полному использованию конструктивной ширины захвата b, теоретической скорости движения $v_т$ и времени T.

Техническая (нормативная) производительность $W_н$ определяется при технически и технологически возможном (оптимальном) использовании ширины захвата, скорости движения и времени.

Эксплуатационная (фактическая) производительность W устанавливается по фактической ширине захвата $b_р$, скорости движения $v_р$ и времени работы $T_р$. Значения этих величин определяют по результатам фактической работы, проводя специальные наблюдения.

2.5.1. Расчет производительности агрегата

Производительность агрегата можно определить двумя способами:

1) исходя из ширины захвата и скорости движения агрегата;

2) по тяговой мощности трактора (или мощности двигателя) и удельному сопротивлению агрегата.

Рассмотрим каждый из этих способов.

Расчет производительности агрегата по ширине захвата и скорости движения. Если известна конструктивная ширина захвата агрегата b и теоретическая скорость движения агрегата $v_т$, то его теоретическая производительность будет равна $W_т = bv_т$ (м^2/с), или $W_т = 3600bv_т$ (м^2/ч).

Так как 1 га = 10^4 м^2, то теоретическая производительность (га) за 1 ч и за смену составит соответственно

$$W_{ч_т} = 0,36bv_т; \qquad (2.109)$$

$$W_{см_т} = 0,36bv_тT, \qquad (2.110)$$

где T – время смены, ч.

В сельском хозяйстве принимают время смены на полевых работах 7 ч, а на работах, связанных с применением пестицидов, – 6 ч. Достичь такой производительности $W_т$ агрегат практически не может.

Из-за неточности вождения, регулировок, необходимости перекрытия рабочих ходов, ограничения по пропускной способности фактическая ширина захвата агрегата $b_р$ меньше конструктивной b. В связи с этим вводят *коэффициент использования ширины захвата*

$$\beta = \frac{b_р}{b}. \qquad (2.111)$$

Во время работы агрегата отмечают буксование, изменение радиуса качения пневматических колес и частоты вращения коленвала ($P_т \neq \text{const}$), поэтому рабочая скорость движения $v_р$ будет ниже теоретической $v_т$. Для учета этого фактора вводят *коэффициент использования скорости движения*

$$\varepsilon = \frac{v_р}{v_т}. \qquad (2.112)$$

Агрегат должен совершать холостые повороты и рабочие ходы, останавливаться на техническое и технологическое обслуживание, поэтому не все время смены является полезным. Вводится *коэффициент использования времени смены*

$$\tau = \frac{T_р}{T}, \qquad (2.113)$$

где $T_р$ – основное (чистое) время работы, ч.

С учетом изложенного сменная (га/см) и часовая (га/ч) техническая производительность соответственно

$$W_{см_н} = 0,36\beta b\varepsilon v_т \tau T; \qquad (2.114)$$

$$W_{ч_н} = 0,36\beta b\varepsilon v_т \tau. \qquad (2.115)$$

Подставив нормативные значения $b_р$, $v_р$ и $T_р$, получим

$$W_{см_н} = 0,36 b_р v_р T_р; \qquad (2.116)$$

$$W_{ч_н} = 0,36 b_р v_р \tau. \qquad (2.117)$$

Эксплуатационную производительность определяют по этим же формулам, но вместо технически возможных $b_р$, $v_р$ и τ подставляют их действительные значения.

Суточную (дневную) производительность агрегата вычисляют по формуле

$$W_{\text{сут}} = W_{\text{см}} K_{\text{см}} = W_{\text{ч}} T K_{\text{см}}, \tag{2.118}$$

где $K_{\text{см}} = \dfrac{T_{\text{сут}}}{T}$ – коэффициент сменности, равный отношению продолжительности работы агрегата в течение суток $T_{\text{сут}}$ ко времени смены T; его значения при расчетах принимают 1; 1,5; 2; 3.

Сезонную производительность агрегата рассчитывают по числу дней работы $Д_{\text{р}}$ агрегата в течение сезона:

$$W_{\text{сез}} = W_{\text{сут}} Д_{\text{р}} = W_{\text{см}} K_{\text{см}} Д_{\text{р}}. \tag{2.119}$$

Расчет производительности агрегата по мощности трактора и двигателя. Производительность агрегата взаимосвязана с используемой мощностью двигателя и трактора в агрегате. Эту взаимосвязь можно определить аналитически. Среднее сопротивление агрегата R_{a} (кН) рассчитывают, выразив через удельное сопротивление k (кН/м) и конструктивную ширину захвата b (м):

$$R_{\text{a}} = kb. \tag{2.120}$$

Необходимая для агрегатирования рабочих машин тяговая мощность

$$N_{\text{т}} = R_{\text{a}} v_{\text{р}} = kbv_{\text{р}}. \tag{2.121}$$

Определив по формуле (2.111) конструктивную ширину захвата агрегата b и подставив ее в уравнение (2.114), получают

$$W_{\text{см}} = \frac{0,36 N_{\text{т}} \beta \tau T}{k_0}. \tag{2.122}$$

Приняв $N_{\text{т}} = N_{\text{т}_{\max}} \eta_{N_{\text{т}}}$ и подставив это выражение в формулу (2.122), получают зависимость производительности агрегата от максимальной тяговой мощности трактора:

$$W_{\text{см}} = \frac{0,36 N_{\text{т}_{\max}} \eta_{N_{\text{т}}} \beta \tau T}{k_0}. \qquad (2.123)$$

Эффективная мощность двигателя N_e связана с тяговой $N_{\text{т}}$ значением тягового КПД, поэтому, подставив $N_{\text{т}} = N_e \eta_{\text{т}}$ в формулу (2.122), получают зависимость производительности МТА от мощности его двигателя:

$$W_{\text{см}} = \frac{0,36 N_e \eta_{\text{т}} \beta \tau T}{k_0}. \qquad (2.124)$$

Если известна максимальная мощность $N_{e_{\max}}$ двигателя, то ее взаимосвязь с максимальной тяговой мощностью трактора $N_{\text{т}_{\max}}$ можно выразить зависимостью $N_{\text{т}_{\max}} = N_{e_{\max}} \eta_{\text{т}_{\max}}$. Подставив в формулу (2.123) это значение, получают зависимость производительности от максимальной мощности двигателя:

$$W_{\text{см}} = \frac{0,36 N_{e_{\max}} \eta_{\text{т}_{\max}} \eta_{N_{\text{т}}} \beta \tau T}{k_0}. \qquad (2.125)$$

Таким образом, видно, что на производительность агрегата оказывают влияние многие факторы, т. е. $W = f(b_{\text{р}}, v_{\text{р}}, \tau)$, однако решающее влияние оказывает фактор времени.

2.5.2. Баланс времени смены

Сезонность и регламентированные сроки проведения работ в сельскохозяйственном производстве особенно важны. Нерациональные его затраты приводят к невосполнимым потерям урожая.

Для характеристики абсолютного использования времени (ч) рассмотрим *баланс времени смены*. В общем виде его можно представить следующим образом:

$$T = T_{\text{р}} + t_{\text{х}} + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \qquad (2.126)$$

где $t_х$ – время на холостые повороты и заезды при работе на загоне, ч;

t_1 – время остановок агрегата на технологическое обслуживание (выгрузка-загрузка, очистка рабочих органов, проверка качества и т. п.), ч;

t_2 – время на техническое обслуживание агрегата в поле, ч;

t_3 – время простоев по техническим неисправностям, ч;

t_4 – время простоев по организационным причинам, ч;

t_5 – время на отдых и личные надобности механизатора, ч;

t_6 – подготовительно-заключительное время, ч:

$$t_6 = t_{\text{ЕТО}} + t_{\text{пп}} + t_{\text{пнк}} + t_{\text{пн}}, \qquad (2.127)$$

где $t_{\text{ЕТО}}$ – время для проведения ежесменного технического обслуживания агрегата, ч;

$t_{\text{пп}}$ – время на подготовку агрегата к переезду, ч;

$t_{\text{пнк}}$ – время переездов в начале и в конце смены, ч;

$t_{\text{пн}}$ – время на получение наряда и сдачу работы, ч.

Для удобства аналитического выражения и анализа баланса времени смены, а также коэффициента τ (формула (2.113)) введем частные коэффициенты, учитывающие:

– затраты времени смены на технологическое обслуживание:

$$\tau_1 = \frac{T - t_1}{T};$$

– затраты времени смены на техническое обслуживание:

$$\tau_2 = \frac{T - t_2}{T};$$

– затраты времени на устранение технических неисправностей:

$$\tau_3 = \frac{T - t_3}{T};$$

– затраты времени смены на простои по организационным причинам:

$$\tau_4 = \frac{T - t_4}{T};$$

– затраты времени смены на отдых и личные надобности:

$$\tau_5 = \frac{T - t_5}{T};$$

– затраты времени смены на ежесменное техническое обслуживание, переезды, сдачу работы:

$$\tau_6 = \frac{T - t_6}{T}.$$

Коэффициент использования времени движения

$$\tau_{\text{дв}} = \frac{T_\text{р}}{T_\text{р} + t_\text{х}}. \qquad (2.128)$$

Исходя из формул (2.113) и (2.128) находят

$$T_\text{р} = \tau T = \tau_{\text{дв}}(T_\text{р} + t_\text{х}), \qquad (2.129)$$

откуда

$$\tau = \frac{\tau_{\text{дв}}\left(T_\text{р} + t_\text{х}\right)}{T}. \qquad (2.130)$$

Из уравнения баланса (2.126) рассчитывают сумму ($T_\text{р}$ + $t_\text{х}$) и, подставив в формулу (2.130), получают

$$\tau = \left(1 - \frac{t_1}{T} - \frac{t_2}{T} - \frac{t_3}{T} - \frac{t_4}{T} - \frac{t_5}{T} - \frac{t_6}{T}\right)\tau_{\text{дв}}. \qquad (2.131)$$

По уравнениям частных коэффициентов вычисляют

$$-\frac{t_1}{T} = \tau_1 - 1; \quad -\frac{t_2}{T} = \tau_{2-1} \quad \text{и т. д.}$$

Подставив эти значения в формулу (2.131), получают зависимость

$$\tau = (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 + \tau_6 - 5)\,\tau_{\text{дв}}. \qquad (2.132)$$

В эксплуатационных расчетах допускают, что скорости агрегата при рабочем ходе и при поворотах одинаковы, т. е. $v_\text{р} \approx v_\text{х}$. Тогда справедливо выражение

$$\tau_{\text{дв}} = \frac{T}{T_\text{р} + t_\text{х}} = \frac{\dfrac{S_\text{р}}{v_\text{р}}}{\dfrac{S_\text{р}}{v_\text{р}} + \dfrac{S_\text{х}}{v_\text{х}}} \approx \varphi. \qquad (2.133)$$

В связи с этим уравнение (2.132) показывает зависимость τ от коэффициента рабочих ходов φ:

$$\tau = (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 + \tau_6 - 5)\varphi. \qquad (2.134)$$

Формулу (2.134) используют для анализа работы машинно-тракторных агрегатов и оценки их эксплуатационной надежности.

При техническом нормировании полевых механизированных работ простои из-за технических неисправностей и по организационным причинам не учитывают. Тогда

$$\tau = (\tau_1 + \tau_2 + \tau_5 + \tau_6 - 3)\varphi. \qquad (2.135)$$

Выражение (2.134) входит в формулы для расчета производительности агрегата.

Коэффициент использования работоспособности агрегата (коэффициент эксплуатации)

$$\sigma = \frac{W_\text{см}}{W_{\text{см}_\text{т}}} = \frac{0{,}36b\beta v_\text{т}\varepsilon T\tau}{0{,}36bv_\text{т}T} = \beta\varepsilon\tau. \qquad (2.136)$$

2.5.3. Пути повышения производительности агрегатов

Анализ приведенных выражений для определения производительности машинно-тракторных агрегатов показывает ее зависимость

прежде всего от эксплуатационных свойств двигателя, трактора и сельскохозяйственной машины, режима работы агрегата и организации работ.

Основные пути повышения производительности машинно-тракторных агрегатов:

- поддержание в процессе эксплуатации тракторов и сельскохозяйственных машин в технически исправном состоянии (своевременное и качественное проведение технического обслуживания, ремонта и регулировок);
- правильное комплектование агрегатов и выбор рационального скоростного режима (маневрирование передачами, использование всережимного регулятора, работа на повышенных скоростях, использование широкозахватных и комбинированных агрегатов, применение маркеров и следоуказателей);
- соблюдение агротехнических требований и требований техники безопасности;
- подготовка полей и агрегатов в соответствии с технологическими требованиями;
- правильная подготовка полей, выбор рациональных способов движения, видов поворотов сокращают затраты времени на холостое движение агрегата на 20 %–30 %;
- организация групповой работы агрегатов и обеспечение поточных методов организации выполнения сельскохозяйственных работ (комплексные технологические отряды и звенья, поточно-цикловый метод использования техники); например, при групповой работе зерноуборочных комбайнов сменная выработка их увеличивается на 16 %–20 %, чистое рабочее время – на 13 %–14 %, простои сокращаются на 9 %–14 %;
- снижение нерациональных затрат времени при работе сельскохозяйственных агрегатов (механизация погрузочно-разгрузочных работ, поточность работ и т. д.);
- повышение коэффициента сменности за счет перехода на двухсменную, а в необходимых случаях и на трехсменную работу; например, при механизированной заправке зерновых сеялок простои сокращаются в 3 раза, а разгрузка бункеров зерноуборочных комбайнов на ходу снижает их простои на 20 %;
- повышение квалификации механизаторских кадров, научная организация труда, соревнование, моральное и материальное стимулирование.

2.5.4. Суммарный учет механизированных тракторных работ

В течение сельскохозяйственного сезона разные тракторы, а также один и тот же трактор выполняют различные виды работ. Для планирования и проведения анализа их работы необходима единица для ее суммарного учета. Такой единицей является условный эталонный гектар.

Условный эталонный гектар (эт. га) – объем работы, соответствующий вспашке одного гектара старопахотных земель в эталонных условиях:

агрофон – стерня зерновых;
тип почвы – средний суглинок;
удельное сопротивление – 50 кПа;
скорость движения – 5 км/ч;
влажность почвы – 20 %–22 %;
глубина вспашки – 20–22 см;
длина гона – 800 м;
высота над уровнем моря – до 200 м;
рельеф ровный (угол склона до 1°);
конфигурация поля правильная (прямоугольная);
отсутствие каменистости и препятствий.

Работая в таких условиях, трактор любой марки выполнит определенный объем работ, который называется *часовой* $W_{ч_э}$ или *сменной* $W_{см_э}$ *эталонной выработкой*.

Трактор, который в эталонных условиях имеет выработку за 1 ч сменного времени 1 эт. га, принят за *условный эталонный трактор*.

Тракторы переводят в условные эталонные, умножив их количество X на коэффициент перевода физических тракторов в условные, численно равный часовой эталонной выработке:

$$X_{эт} = XW_{ч_{эт}}. \qquad (2.137)$$

Например, 10 тракторов «Беларус-3022» в эталонном исчислении будут составлять $X_{эт} = 10 \cdot 2{,}7 = 27$ эт. тр.

Учет тракторных работ в условных единицах. Этот учет необходим для оценки уровня использования отдельных тракторов и в целом всего машинно-тракторного парка, планирования потребности в тракторах и топливно-смазочных материалах, планирования технического обслуживания и ремонта машин, затрат на их эксплуа-

тацию и других технико-эксплуатационных показателей работы машинно-тракторного парка.

Если на сельскохозяйственных предприятиях применяют технически обоснованные нормы выработки, то при выполнении сменной технической нормы на любом виде работ трактор каждой марки за смену (7 ч) должен выработать примерно одно и то же количество эталонных гектаров на эталонный трактор (около 7 га). Поэтому перевод физических работ в условные гектары основан на соотношениях эталонной выработки и технически обоснованных норм на полевые механизированные работы.

Для получения объема работ в условных эталонных гектарах необходимо определить количество выполненных нормо-смен и умножить их на сменную эталонную выработку $W_{\text{см}_{\text{эт}}}$:

$$U_{\text{эт. га}} = N_{\text{см}} W_{\text{см}_{\text{эт}}}, \tag{2.138}$$

где $N_{\text{см}} = \dfrac{U_{\text{ф}}}{W_{\text{см}}}$ – количество выполненных нормо-смен (выполненных технически обоснованных сменных норм выработки);

$U_{\text{ф}}$ – объем работ в физических единицах, выполненный трактором (га, т, т·км, м^3).

Если на работы данного вида норма выработки пока не установлена (новые агрегаты), то перевод в условные гектары осуществляют путем умножения количества отработанных часов $N_{\text{ч}}$ при выполнении этой работы (без учета простоев) на часовую эталонную выработку $W_{\text{ч}_{\text{эт}}}$:

$$U_{\text{эт. га}} = N_{\text{ч}} W_{\text{ч}_{\text{эт}}}. \tag{2.139}$$

Суммарный учет работы трактора (эт. га) в течение сезона (года)

$$\Omega = \sum N_{\text{см}_i} \cdot W_{\text{см}_{\text{эт}}}, \tag{2.140}$$

где $W_{\text{см}_{\text{эт}}}$ – сменная эталонная выработка, эт. га.

2.6. Эксплуатационные затраты при работе агрегатов

Работа машинно-тракторного агрегата связана с затратами определенных видов материальных и трудовых ресурсов, которые принято называть эксплуатационными. При этом эксплуатационные затраты оценивают как в принятых для них единицах, так и в стоимостном (денежном) выражении.

Основными эксплуатационными затратами при работе машинно-тракторных агрегатов являются затраты труда механизаторов и вспомогательных рабочих (при их наличии), топлива и смазочных материалов, механической энергии, денежных средств.

2.6.1. Затраты труда

При выполнении механизированных работ *затраты труда* являются основным показателем, который определяет уровень механизации и их стоимость.

Во время работы агрегатов используют труд не только механизаторов, но и вспомогательных рабочих. Поэтому прямые затраты труда механизаторов на единицу выработки (в ч/га, т, т·км, м^3 и т. п.) определяют по уравнению

$$З_м = \frac{m}{W_ч}, \qquad (2.141)$$

а общие затраты рассчитывают по формуле

$$З_о = \frac{m+n}{W_ч}, \qquad (2.142)$$

где m – количество механизаторов, обслуживающих агрегат, чел.;

n – количество вспомогательных рабочих на агрегате, чел.

При возделывании какой-либо культуры затраты труда на 1 га площади

$$З_га = \sum З_i, \qquad (2.143)$$

где $З_i$ – затраты труда на 1 га по видам работ, ч/га.

Если при возделывании культуры урожайность основной продукции, выражаемая в тоннах на гектар пашни, составляет h_1, а побочной – h_2, то затраты труда в расчете на 1 т (ч/т) основной и побочной продукции соответственно составляют

$$З_т = \frac{З_{га}}{h_1\delta_1 + h_2\delta_2}; \qquad (2.144)$$

$$З'_т = З_т\delta_2, \qquad (2.145)$$

где δ_1, δ_2 – доля затрат труда на основную и побочную продукцию соответственно.

Как следует из формул (2.141)–(2.145), основными *путями снижения затрат труда* являются:

– повышение производительности машинно-тракторных агрегатов;

– уменьшение числа рабочих, обслуживающих агрегаты, за счет применения навесных и самоходных машин, совершенствования машин, применения средств автоматизации, механизации вспомогательных операций;

– совершенствование технологических процессов;

– повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

2.6.2. Расход топлива и смазочных материалов

Расход топлива на единицу выполненной работы можно определить, если известны суммарный расход Q топлива за смену и сменная производительность агрегата $W_{см}$:

$$\Theta = \frac{Q}{W_{см}}. \qquad (2.146)$$

Общий расход топлива за смену Q (кг) при работе агрегата зависит от часового расхода и времени работы на различных режимах:

$$Q = G_{т_р} T_р + G_{т_х} t_х + G_{т_о} t_о, \qquad (2.147)$$

где $G_{т_р}$, $G_{т_х}$, $G_{т_о}$ – часовой расход топлива при рабочем ходе агрегата, холостом ходе и на остановках, кг/ч;

$t_о$ – время остановок с работающим двигателем, ч.

Тогда

$$\Theta = \frac{G_{т_р} T_р + G_{т_х} t_х + G_{т_о} t_о}{W_{см}}. \qquad (2.148)$$

Часовой расход топлива на различных режимах работы зависит от загрузки двигателя, поэтому по регуляторной характеристике $G_т = f(N_e)$ его можно определить на любом режиме.

Часовой расход топлива (кг/ч) при рабочем режиме агрегата составляет

$$G_{т_р} = G_{х.\,д} + \left(G_{т_н} - G_{х.\,д}\right)\frac{N_{e_р}}{N_{e_н}}. \qquad (2.149)$$

Таким же образом для режима холостого хода агрегата можно записать:

$$G_{т_р} = G_{х.\,д} + \left(G_{т_н} - G_{х.\,д}\right)\frac{N_{e_х}}{N_{e_н}}. \qquad (2.150)$$

В формулах (2.149), (2.150) $G_{х.\,д}$, $G_{т_н}$ – максимальный часовой расход топлива на холостом ходу двигателя и при номинальном режиме, кг/ч; $N_{e_х}$ – мощность двигателя на холостом ходу агрегата, кВт.

Номинальный (максимальный) часовой расход топлива (кг/ч) принимают из характеристик или определяют по формуле

$$G_{т_н} = \frac{g_{e_н} N_{e_н}}{1000}, \qquad (2.151)$$

где $g_{e_н}$ – удельный эффективный расход топлива при номинальном режиме (для большинства тракторных двигателей равен 240–260 г/кВт·ч).

Расход топлива при холостом ходе двигателя и максимальной частоте вращения коленчатого вала $G_{\text{х. д}} \approx (0,27-0,30)G_{\text{т}_\text{н}}$, а при минимальной $G_{\text{т}_\text{о}} \approx (0,12-0,15)G_{\text{т}_\text{н}}$.

Для анализа расхода топлива формула (2.148) представлена в следующем виде:

$$\Theta = \frac{G_{\text{т}_\text{р}} T_{\text{р}} \left(1 + \frac{G_{\text{т}_\text{х}} t_{\text{х}}}{G_{\text{т}_\text{р}} T_{\text{р}}} + \frac{G_{\text{т}_\text{о}} t_{\text{о}}}{G_{\text{т}_\text{р}} T_{\text{р}}} \right)}{0,36 N_{\text{т}} \tau T k_0}. \qquad (2.152)$$

Отношение $\frac{G_{\text{т}_\text{р}}}{N_{\text{т}}} = g_{\text{т}}$ – удельный расход топлива трактором (тяговый), а $\frac{G_{\text{т}_\text{х}} t_{\text{х}}}{G_{\text{т}_\text{р}} T_{\text{р}}} + \frac{G_{\text{т}_\text{о}} t_{\text{о}}}{G_{\text{т}_\text{р}} T_{\text{р}}} = \sigma_{\text{т}}$ – частный коэффициент, учитывающий долю расхода топлива при холостом ходе и на остановках.

Тогда формула (2.152) примет вид:

$$\Theta = \frac{g_{\text{т}} k_0 (1 + \sigma_{\text{т}})}{0,36}. \qquad (2.153)$$

Таким образом, расход топлива на единицу выполненной работы:

$\Theta = f(k_0)$ – зависит от технической характеристики агрегата и условий работы (типа почвы и ее влажности, глубины обработки, каменистости, технического состояния машины и их регулировок, скорости движения);

$\Theta = f(g_{\text{т}})$ – зависит от технического состояния двигателя (регулировок), правильности комплектования агрегата, выбора скоростных и загрузочных режимов;

$\Theta = f(\sigma_{\text{т}})$ – зависит от организации работ (количества рабочих и холостых ходов, остановок).

Расход смазочных масел и пускового топлива, как правило, отдельно не рассчитывают, а устанавливают в процентном соотношении к основному топливу (среднеэксплуатационный расход для дизелей: моторное масло – 3,5 %–4,6 %; трансмиссионное масло – 0,4 %–1,1 %; консистентная смазка – 0,1 %–0,4 %; пусковой бензин – 1 %).

Пути снижения расхода ТСМ:

- правильная регулировка топливной аппаратуры и поддержание ее в исправном состоянии;
- рациональное комплектование агрегатов, использование комбинированных агрегатов, поддержание оптимальных скоростных и загрузочных режимов их работы;
- сокращение холостых переездов агрегатов, выбор рациональных способов движения и видов поворотов, минимальная обработка почвы, уменьшение простоев с работающим двигателем;
- устранение всех видов потерь нефтепродуктов при их транспортировке, хранении и заправке машин.

Для повышения заинтересованности работников в экономном расходовании топлива и смазочных материалов на сельскохозяйственных предприятиях необходимо ввести премирование за экономию и материальную ответственность за перерасход в соответствии с установленными нормативами. Выплачивать премии за экономию топливно-смазочных материалов и удерживать суммы из заработка за их перерасход следует ежеквартально, а окончательный перерасчет проводить в конце года.

2.6.3. Затраты энергии

Основным критерием оценки энергетической эффективности продукции сельского хозяйства, выполнения механизированных работ является *удельная энергоемкость* сельскохозяйственного процесса, под которой понимают расход механической энергии на единицу площади или какого-либо объема работ. За единицу удельной энергоемкости приняты: кВт·ч или Дж/га (т, т·км). Различают полезную, тяговую, эффективную и полную удельную энергоемкость.

Полезная удельная энергоемкость – расход механической энергии на единицу выполненной работы, который рассчитан по тяговой (полезной) работе трактора на рабочем ходу. Полезные энергозатраты (кВт·ч/га)

$$A = \frac{N_{\text{т}_\text{р}} T_\text{р}}{W_\text{см}}. \qquad (2.154)$$

Известно, что 1 кВт·ч = 0,36 · 10^7 Дж, а $W_\text{см} = \dfrac{0{,}36 N_\text{т} T_\text{р}}{k_0}$. Тогда, подставив эти значения в формулу (2.154), получим (в Дж/га)

$$A = 10^7 \cdot k_0. \qquad (2.155)$$

Тяговая удельная энергоемкость – расход механической энергии на единицу выполненной работы, рассчитанный по тяговой работе трактора на рабочем и холостом ходах:

$$A_{\text{т}} = \frac{N_{\text{т}_\text{р}} T_{\text{р}} + N_{\text{т}_\text{х}} t_{\text{х}}}{W_{\text{см}}} \qquad (2.156)$$

или

$$A_{\text{т}} = 10^7 \cdot \left(k_0 + \frac{G_{\text{а}} f_{\text{м}} (1-\varphi)}{b\varphi} \right), \qquad (2.157)$$

где $\frac{G_{\text{а}} f_{\text{м}}}{b} = k_{0\text{х}}$ – удельное сопротивление агрегата на холостом ходу, кН/м;

$\frac{(1-\varphi)}{\varphi} = \frac{t_{\text{х}}}{T_{\text{р}}}$ – принимают из предположения, что $\tau_{\text{дв}} \approx \varphi = \frac{T_{\text{р}}}{T_{\text{р}} + t_{\text{х}}}$.

Эффективная удельная энергоемкость – расход механической энергии двигателя на единицу выполненной работы:

$$A_e = \frac{N_{e_\text{р}} T_{\text{р}} + N_{e_\text{х}} t_{\text{х}} + N_{e_\text{о}} t_{\text{о}}}{W_{\text{см}}} \qquad (2.158)$$

или

$$A_e = 10^7 \cdot \left(\frac{k_0}{\eta_{\text{т}_\text{р}}} + \frac{G_{\text{а}} f_{\text{м}} (1-\varphi)}{b\varphi\eta_{\text{т}_\text{х}}} \right) + \frac{H_{\text{н}} G_{\text{т}_\text{о}} t_{\text{о}} \eta_{\text{э}}}{W_{\text{см}}}, \qquad (2.159)$$

где $N_{e_\text{о}}$ – затраты мощности двигателя на остановках агрегата, кВт;

$\eta_{\text{т}_\text{х}}$ – тяговый КПД трактора при холостом ходе агрегата;

$H_{\text{н}}$ – удельная теплота сгорания топлива, Дж/кг;

$\eta_{\text{э}}$ – экономический КПД двигателя.

Полная удельная энергоемкость – расход механической энергии на единицу выполненной работы, который определен по израсходованному топливу. Ее рассчитывают по формуле

$$A_{\text{п}} = H_{\text{н}}\Theta. \tag{2.160}$$

Если принять, что $H_{\text{н}}$ = 4,166 · 10^7 Дж/кг, то полная удельная энергоемкость (кВт·ч/га)

$$A_{\text{п}} \approx 11,6\Theta. \tag{2.161}$$

Энергетические затраты агрегата и расход топлива взаимосвязаны, поэтому мероприятия, направленные на экономию топлива, способствуют снижению энергозатрат. В отличие от мгновенных значений КПД трактора и агрегата, в эксплуатационных расчетах используют их средние значения за какой-либо период.

Механический КПД агрегата – отношение полезной удельной энергоемкости к эффективной:

$$\eta_{\text{а. м}} = \frac{A}{A_e}. \tag{2.162}$$

Энергетический КПД агрегата – отношение полезной удельной энергоемкости к полной:

$$\eta_{\text{а. э}} = \frac{A}{A_{\text{п}}}. \tag{2.163}$$

Таким образом, механический и энергетический КПД учитывают как эксплуатационные показатели машинно-тракторных агрегатов, так и правильность их комплектования, режимы работы и организацию работ. Они дают возможность оценить работу одного и того же агрегата в различных условиях или разных агрегатов в одинаковых условиях, т. е. позволяют дать энергетическую оценку работы агрегата.

2.6.4. Затраты денежных средств

Снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции в значительной степени зависит от уровня использования машинно-тракторного парка. Эффективность использования машин при выполнении механизированных работ оценивают *прямыми эксплуата-*

ционными затратами, под которыми понимают затраты денежных средств на выполнение определенной работы.

В состав прямых эксплуатационных затрат на единицу выполненной работы или продукции входят затраты денежных средств на амортизацию машин $S_а$, расходы на техническое обслуживание и ремонт машин $S_{ТО}$, на хранение основных средств $S_{хр}$, стоимость топливно-смазочных материалов $S_{ТСМ}$, оплата труда рабочих, обслуживающих данный агрегат $S_{ЗП}$, а также дополнительные затраты (стоимость вспомогательных материалов) $S_{доп}$:

$$S_э = S_а + S_{ТО} + S_{хр} + S_{ТСМ} + S_{ЗП} + S_{доп}. \qquad (2.164)$$

Затраты на амортизацию основных средств (трактора, сцепки, машин) на единицу площади или продукции определяют по формуле

$$S_а = \frac{a_а Б}{100 T_г W_ч}, \qquad (2.165)$$

где $a_а$ – норма годовых отчислений на реновацию основных средств, %;

Б – балансовая стоимость трактора (сцепки, машины), р.;

$T_г$ – годовая загрузка, ч.

Затраты на ремонт (текущий и капитальный) и техническое обслуживание на единицу выполненной работы

$$S_{ТО} = \frac{a_{ТО} Б}{100 T_г W_ч}, \qquad (2.166)$$

где $a_{ТО}$ – норма годовых отчислений на ремонт и техническое обслуживание основных средств (капитальный, текущий ремонт и техническое обслуживание), %.

Удельные затраты на хранение основных средств вычисляют по формуле

$$S_{хр} = \frac{a_{хр} Б}{100 T_г W_ч}, \qquad (2.167)$$

где $a_{хр}$ – норма годовых отчислений на хранение машин, %.

Если вместо норматива $a_{хр}$ используют стоимость хранения машины $C_{хр}$ (р.), удельные затраты на хранение рассчитывают по уравнению

$$S_{хр} = \frac{C_{хр}}{T_г W_ч}. \qquad (2.168)$$

Стоимость топлива и смазочных материалов, израсходованных на выполнение единицы механизированных работ, определяют по формуле

$$S_{ТСМ} = Ц_{ТСМ}\Theta, \qquad (2.169)$$

где $Ц_{ТСМ}$ – комплексная цена топлива (включает стоимость основного и пускового топлива, смазочных материалов и затраты на их транспортировку).

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала рассчитывают по уравнению

$$S_{ЗП} = \frac{mC_м K_{ув.\,м} + nC_в K_{ув.\,в}}{W_ч}, \qquad (2.170)$$

где $C_м$, $C_в$ – часовые тарифные ставки тракториста-машиниста и вспомогательных рабочих соответственно, р./ч;

$K_{ув.\,м}$, $K_{ув.\,в}$ – коэффициент увеличения тарифной заработной платы механизаторов и вспомогательных рабочих соответственно (учитывают все виды доплат, надбавок, премий, выплаты отпускных и отчисления на социальное страхование).

Из зависимостей (2.164)–(2.170) видно, что основными факторами, которые влияют на величину эксплуатационных затрат, являются производительность и годовая загрузка машины. На снижение эксплуатационных затрат влияют те же факторы, что способствуют повышению производительности и увеличению годовой наработки агрегатов, а также снижению затрат труда, расхода топлива и смазочных материалов.

2.7. Транспорт в сельскохозяйственном производстве

Интенсификация сельскохозяйственного производства неразрывно связана с увеличением объема транспортных работ. Значительная их доля является неотъемлемой частью производственных процессов возделывания и уборки сельскохозяйственных культур.

В сельскохозяйственном производстве Беларуси объем грузоперевозок на каждый гектар пашни составляет более 50 т различных грузов и в будущем будет увеличиваться. В общем комплексе сельскохозяйственных работ транспортные и погрузочные относятся к наиболее трудоемким и энергоемким. В себестоимости сельскохозяйственной продукции транспортные расходы составляют 15 %–40 %. Примерно третья часть фонда зарплаты на сельскохозяйственных предприятиях идет на оплату труда работников, занятых на транспортных и погрузочно-разгрузочных работах.

Особенностью сельскохозяйственных перевозок является их многократность, оцениваемая коэффициентом повторности и определяемая отношением объема перевозок данного груза к объему, загруженному в первоначальном пункте отправки. Несвоевременность в проведении транспортных работ вызывает простои агрегатов, потери продукции или снижение ее качества, нарушение ритма производства в случаях, когда транспортные средства работают в едином технологическом комплексе с обслуживаемыми сельскохозяйственными машинами. От их работы зависят производительность машин, входящих в технологический комплекс, сроки проведения работ, урожайность и себестоимость продукции.

Недостаточное количество транспортных средств или нерациональное их использование препятствуют комплексной механизации отраслей сельскохозяйственного производства. Изменение структуры автопарка, рациональное использование тракторного транспорта, механизация погрузочно-разгрузочных работ, внедрение передовых методов и приемов в организацию использования транспорта являются условиями сокращения доли затрат на перевозки в себестоимости сельскохозяйственной продукции.

2.7.1. Классификация перевозок, грузов и дорог

Виды сельскохозяйственных перевозок. В зависимости от пунктов отправки и назначения различают:

• *внутриусадебные перевозки* – доставка различных грузов со складов и хранилищ на фермы, подсобные предприятия и другие находящиеся в пределах усадьбы хозяйственные объекты. Расстояние перевозок – до 3 км. В качестве транспортных средств используют тракторы с прицепами (тракторные поезда), транспортеры, трубопроводы и живую тягу;

• *внутрихозяйственные перевозки* – доставка грузов в пределах сельскохозяйственного предприятия. Они характеризуются расстояниями до 30 км и осуществляются автомобилями и тракторными поездами;

• *внехозяйственные перевозки* – доставка различных грузов к пунктам назначения или отправления, находящимся за пределами сельскохозяйственного предприятия. Расстояния перевозок могут быть значительными. В качестве транспортных средств используют автомобили, в т. ч. специализированные (бензовозы, молоковозы, фургоны для скота и т. д.), и тракторные поезда.

По степени участия транспорта в производственном процессе перевозки классифицируются как *технологические* (доставка семян к сеялкам, отвоз зерна от комбайна и т. д.) и *общего назначения*.

Сельскохозяйственные грузы и их классификация. В сельском хозяйстве имеется широкая номенклатура перевозимых грузов, которым должен соответствовать подвижной состав. Сельскохозяйственные грузы классифицируют по физико-механическим свойствам, степени использования грузоподъемности транспортных средств, способу погрузки-выгрузки и перевозки, срочности, периодичности и массовости перевозок.

По *физико-механическим свойствам* различают твердые, жидкие, полужидкие и газообразные грузы, которые подразделяют по степени безопасности и размерам (габаритам).

По *степени возможного использования грузоподъемности транспортных средств* грузы подразделяют на четыре класса: первый класс – грузы, обеспечивающие степень использования грузоподъемности 1,0, второй класс – 0,71–0,99, третий класс – 0,51–0,70, четвертый класс – 0,40–0,50. Важнейший параметр, характеризующий это свойство груза, – объемная масса груза, определяющая использование грузоподъемности транспортных средств.

Однако класс груза также зависит от вида упаковки. При различной упаковке один и тот же груз может быть отнесен к разным

классам. Многие сельскохозяйственные грузы имеют малую объемную массу и не обеспечивают полное использование грузоподъемности транспортных средств без надставных бортов.

По *способу погрузки-выгрузки и перевозки* различают грузы штучные, тарные, наливные, насыпные и навалочные, которые перевозят без тары, а погрузку и выгрузку проводят путем сброса (около 75 % сельскохозяйственных грузов).

По *условиям перевозки* грузы подразделяются на обычные (не требуют специально подготовленного подвижного состава); скоропортящиеся (требуют соблюдения особенных санитарных и температурных режимов); с резким и неприятным запахом (их перевозят в специально приспособленных кузовах) и др.

По *срочности и периодичности перевозок* грузы разделяют на две группы: перевозимые в сжатые сроки (продукты урожая, семена, скоропортящиеся грузы) и грузы, перевозку которых можно осуществлять длительное время.

По *количеству одновременно перевозимых грузов* их подразделяют на массовые и мелкопартионные, что влияет на выбор типа подвижного состава и на организацию процесса перевозки.

Классификация дорог. Основное классифицирование дорог проводят исходя из допустимой интенсивности движения и расчетной скорости транспортных средств. В зависимости от назначения и перспективной интенсивности движения транспортных средств автомобильные дороги подразделяют:

– на *автомагистрали* – дороги, обозначенные знаком «автомагистраль» и относящиеся к категории I-а, предназначены для больших транспортных потоков, передвигающихся на большие расстояния без обслуживания прилегающих территорий (участки основных республиканских дорог протяженностью не менее 150 км с более 50 % транзита в потоке). Расчетная интенсивность движения дорог данной категории свыше 8000 ед./сут;

– *скоростные автомобильные дороги* (категория I-б), предназначенные для интенсивных потоков транспорта с высокой скоростью (республиканские автомобильные дороги на подходах к крупнейшим городам на расстоянии 40–50 км, подъезды к аэропортам и кольцевые дороги вокруг городов). Расчетная интенсивность движения таких дорог свыше 10 000 ед./сут;

– *обычные автомобильные дороги* – дороги общего пользования, республиканские автомобильные дороги (кроме автомагистралей

и скоростных дорог), а также местные дороги (кроме дорог низших категорий). Классифицируют их в зависимости от расчетной интенсивности движения по категориям:

I – свыше 10 000 ед./сут;

II – от 5000 до 10 000 ед./сут на республиканских дорогах и свыше 7000 ед./сут на местных дорогах;

III – от 2000 до 5000 ед./сут на республиканских дорогах и от 3000 до 7000 ед./сут на местных дорогах;

IV – от 200 до 2000 ед./сут на республиканских дорогах и от 400 до 3000 ед./сут на местных дорогах;

V – до 200 ед./сут на республиканских дорогах и до 400 ед./сут на местных дорогах;

– *автомобильные дороги низших категорий* – дороги, которые обеспечивают подъезд к малым сельским поселениям (дороги с незначительной интенсивностью движения). Категории: VI-а – свыше 25 до 50 ед./сут на местных дорогах; VI-б – до 25 ед./сут на местных дорогах.

Дороги местной дорожной сети по характеру перевозок и назначению подразделяют:

– на *внутрихозяйственные* – находятся на территории сельскохозяйственных предприятий (организаций) и соединяют между собой административные единицы и хозяйственные объекты;

– *внехозяйственные* – соединяют сельскохозяйственные предприятия (организации) с автомобильными дорогами, районными центрами, приемными пунктами сельскохозяйственной продукции, железнодорожными станциями, пристанями и др.

При *нормировании тракторных транспортных работ* в сельскохозяйственном производстве дороги делят на три группы:

I группа – дороги с твердым покрытием, грунтовые в хорошем состоянии и снежные укатанные дороги;

II группа – гравийные; щебеночные разбитые; песчаные проселочные; грунтовые, разъезженные после дождя; стерня зерновых; задернелая почва в твердом состоянии зимой и летом;

III группа – разбитые, с глубокой колеей, гребнистые дороги; пашня нормальной влажности и мерзлая; поле после уборки корнеклубнеплодов; переувлажненное бездорожье; снежная целина.

Маршруты движения. Движение транспортных средств организуют так, чтобы их производительность была максимальной, а себестоимость перевозок – минимальной. Большую роль в этом

играет правильный выбор *маршрута*, под которым понимают путь движения транспортных средств при выполнении перевозок. Различают маршруты маятниковые, радиальные, кольцевые и комбинированные (рис. 2.28).

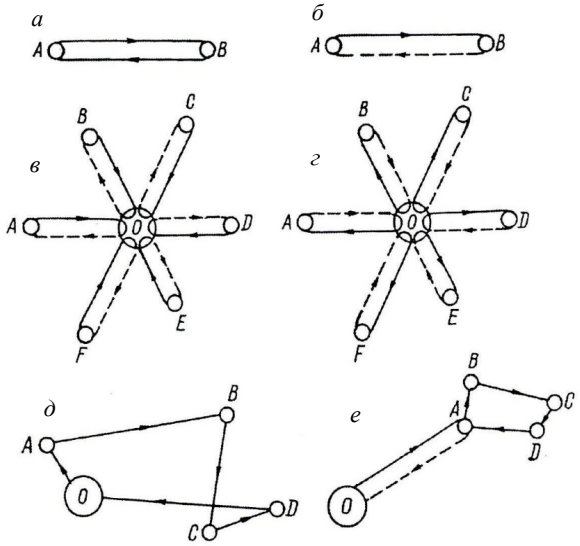


Рис. 2.28. Виды маршрутов:
а – маятниковый, ездки с грузом в двух направлениях;
б – маятниковый, ездки с грузом в одну сторону;
в – радиальный собирательный; *г* – радиальный распределительный;
д – кольцевой; *е* – комбинированный
(сплошные кривые – ездки с грузом; пунктирные – без груза)

Маятниковый маршрут – груз перевозят как в одном, так и в двух направлениях (наиболее распространен в сельском хозяйстве).

Радиальный маршрут – перевозка грузов из одного постоянного пункта в разные пункты или наоборот (перевозка органических удобрений к местам их внесения, силосной массы к траншеям).

Кольцевой маршрут – путь движения транспортных средств между несколькими пунктами, составляющий замкнутый контур (при обслуживании посевных агрегатов на разных полях, заправке машин в поле, доставке запасных частей).

Комбинированный маршрут объединяет несколько видов маршрутов.

2.7.2. Показатели технического состояния и использования транспортных средств

Для планирования, учета и анализа эффективности использования грузового автотранспорта используют систему показателей (измерителей) транспортной работы.

Показатели готовности и использования парка. Автомобильный парк, который числится по инвентарным описям, называется списочным, или инвентарным, составом. В течение года списывают устаревшие и приобретают новые автомобили. Среднесписочное количество автомобилей устанавливают, разделив сумму автомобилей-дней (АД) пребывания их на сельскохозяйственном предприятии (в организации) в течение года или другого периода на количество дней (Д) года или периода (квартала, месяца).

Коэффициент технической готовности подвижного состава, характеризующий техническое состояние автомобилей и их готовности к работе, определяют как частное от деления автомобиле-дней пребывания в технически исправном состоянии к общему числу автомобиле-дней нахождения подвижного состава на сельскохозяйственном предприятии (в организации):

$$\alpha_{\text{г}} = \frac{\text{АД}_{\text{г}}}{\text{АД}}, \qquad (2.171)$$

где $\text{АД}_{\text{г}}$ – автомобиле-дни пребывания парка (автомобилей) в технически исправном состоянии.

Технически исправный автотранспорт может простаивать по организационным, метеорологическим и другим причинам. В связи с этим для анализа его работы определяют относительный показатель *коэффициент выпуска (использования) подвижного состава* $\alpha_{\text{и}}$ как отношение количества автомобиле-дней в работе (эксплуатации) к автомобиле-дням на сельскохозяйственном предприятии (в организации):

– для одного автомобиля за Д календарных дней:

$$\alpha_{\text{и}} = \frac{\text{Д}_{\text{э}}}{\text{Д}}; \qquad (2.172)$$

– для всего парка:

$$\alpha_{и} = \frac{АД_{э}}{АД}, \qquad (2.173)$$

где $Д_{э}$, $АД_{э}$ – соответственно дни и автомобиле-дни фактической эксплуатации с учетом простоев;

Д, АД – соответственно дни и автомобиле-дни за определенный период.

Указанные коэффициенты зависят от условий эксплуатации подвижного состава: дорог, климатических условий, влияющих на межремонтные сроки и периодичность проведения технического обслуживания. Улучшение организации перевозок, технического обслуживания, ремонта транспортных средств, развитие производственной базы сельскохозяйственных предприятий (организаций) обеспечивают увеличение коэффициентов технической готовности и выпуска автомобилей на линию.

Среднее время нахождения автомобиля в наряде (на линии) $T_{н}$ включает время движения и время простоев по технологическим (под погрузкой и разгрузкой) и техническим (без времени обеда и времени отдыха) причинам:

$$T_{н} = \frac{АТ_{э}}{АД_{э}}, \qquad (2.174)$$

где $АТ_{э}$ – автомобиле-часы пребывания в наряде.

Показатели использования грузоподъемности подвижного состава характеризуются коэффициентами статического и динамического использования грузоподъемности.

Коэффициент статического использования грузоподъемности – отношение количества фактически перевезенного груза к возможному при полном использовании грузоподъемности транспортных средств. За одну ездку коэффициент статического использования грузоподъемности равен

$$\gamma_{с} = \frac{q_{ф}}{q_{н_{т}}}, \qquad (2.175)$$

где $q_ф$ – количество груза, фактически перевезенное за одну ездку, т;

$q_{н_т}$ – номинальная грузоподъемность транспортного средства, т.

При перевезенном количестве груза $Q_т$ за $z_е$ ездок

$$\gamma_с = \frac{Q_т}{q_{н_т} z_е}. \qquad (2.176)$$

Коэффициент динамического использования грузоподъемности – отношение количества фактически выполненной транспортной работы в тонно-километрах $U_ф$ к возможной при полном использовании грузоподъемности транспортного средства $U_в$:

$$\gamma_д = \frac{U_ф}{U_в} = \frac{U_ф}{\sum l_{гр} q_{н_т}}, \qquad (2.177)$$

где $\sum l_{гр}$ – общий пробег с грузом, км.

Статический и динамический коэффициенты равны, если за каждую ездку перевозится одинаковое количество груза на различные расстояния или разное количество груза на одинаковое расстояние.

Показатели использования пробега. К ним относятся средняя дальность перевозки каждой тонны груза, средняя длина ездки с грузом, среднесуточный пробег и коэффициент использования пробега.

Среднее расстояние перевозки грузов l (км) – отношение всего объема работы в тонно-километрах к количеству перевезенного груза при выполнении данной работы:

$$l = \frac{U_ф}{Q}. \qquad (2.178)$$

Средняя длина ездки с грузом $l_{гр}$ (км) – отношение суммарного пробега с грузом за анализируемый период $\sum l_{гр}$ к количеству выполненных за этот период ездок (средний пробег транспортного средства за одну ездку между пунктами погрузки и выгрузки):

$$l_{\text{гр}} = \frac{\sum l_{\text{гр}}}{Z_{\text{е}}}. \qquad (2.179)$$

Коэффициент использования пробега β – отношение пробега с грузом к общему пробегу:

$$\beta = \frac{\sum l_{\text{гр}}}{\sum l}. \qquad (2.180)$$

Коэффициент использования пробега характеризует уровень использования пробега транспорта и зависит от расположения пунктов погрузки и разгрузки, структуры перевозимого груза, управления работой подвижного состава.

Скоростные показатели. Они характеризуют интенсивность работы подвижного состава. Для грузовых автомобилей планируют и учитывают средние значения технической и эксплуатационной скоростей.

Средняя техническая скорость $v_{\text{тех}}$ (км/ч) – это средняя скорость движения подвижного состава за определенный период времени:

$$v_{\text{тех}} = \frac{\sum l}{T_{\text{дв}}} = \frac{\sum l}{T_{\text{гр}} + T_{\text{хх}}}, \qquad (2.181)$$

где $T_{\text{гр}}$, $T_{\text{хх}}$ – время движения соответственно с грузом и без груза за время смены (наряда), ч.

Средняя эксплуатационная скорость $v_{\text{э}}$ (км/ч) – это условная скорость движения за время пребывания транспортного средства на линии. Ее определяют как отношение общего пробега к времени нахождения его на линии (в наряде):

$$v_{\text{э}} = \frac{\sum l}{T_{\text{н}}}. \qquad (2.182)$$

Техническая скорость зависит от динамических качеств подвижного состава, его технического состояния, дорожных условий, квалификации водителя.

Эксплуатационная скорость зависит от организации работы и условий эксплуатации подвижного состава на сельскохозяйственных предприятиях (в организациях), таких как дальность ездки, механизация погрузочно-разгрузочных работ, простои по технологическим причинам, степень использования грузоподъемности и пробега и т. д.

Баланс времени смены. При выполнении транспортных работ баланс времени смены равен

$$T = T_{\text{пз}} + T_{\text{гр}} + T_{\text{хх}} + T_{\text{пр}}, \tag{2.183}$$

где $T_{\text{пз}}$, $T_{\text{пр}}$ – время подготовительно-заключительное и время на погрузку и разгрузку в течение смены соответственно, ч.

Количество рейсов за смену

$$n_{\text{рс}} = \frac{T - T_{\text{пз}}}{t_{\text{рс}}}. \tag{2.184}$$

Время рейса $t_{\text{рс}}$ (время цикла $t_{\text{ц}_{\text{тр}}}$) транспортного средства рассчитывают по формуле

$$t_{\text{рс}} = t_{\text{ц}_{\text{тр}}} = t_{\text{дв}} + t_{\text{п}} + t_{\text{р}} + t_{\text{доп}}, \tag{2.185}$$

где $t_{\text{дв}} = t_{\text{гр}} + t_{\text{хх}} = \dfrac{l_{\text{гр}}}{v_{\text{р}_{\text{тр}}}} + \dfrac{l_{\text{хх}}}{v_{\text{х}_{\text{тр}}}}$ – время движения транспортного средства, ч ($l_{\text{гр}}$, $l_{\text{хх}}$ – пробег транспорта с грузом и без груза за одну ездку, км; $v_{\text{р}_{\text{тр}}}$, $v_{\text{х}_{\text{тр}}}$ – скорость движения транспортного средства с грузом и без груза, км/ч);

$t_{\text{п}}$, $t_{\text{р}}$ – время на погрузку и разгрузку транспортного агрегата, ч;

$t_{\text{доп}}$ – дополнительное время (взвешивание груза, маневрирование при погрузке-разгрузке, ожидание разгрузки и т. д.), ч.

Производительность транспортных агрегатов. Количество работы, выполненной подвижным составом за единицу времени, называется *производительностью транспортного агрегата*. Она может быть выражена в тоннах (W_Q) или тонно-километрах (W_U)

в час, смену или сутки. Для анализа определяют выработку на одну автомобиле-тонну за исследуемый период.

Часовая производительность определяется по формулам

$$W_{\text{ч}_Q} = \frac{q_{\text{н}_\text{т}} \gamma_\text{с} \beta v_\text{тех}}{l + \beta v_\text{тех} t_\text{пр}}; \tag{2.186}$$

$$W_{\text{ч}_U} = \frac{q_{\text{н}_\text{т}} \gamma_\text{д} \beta v_\text{тех} l}{l + \beta v_\text{тех} t_\text{пр}}. \tag{2.187}$$

Производительность транспортного агрегата (т):

– за рейс:

$$W_{\text{рс}_Q} = q_{\text{н}_\text{т}} \gamma_\text{с}; \tag{2.188}$$

– за час:

$$W_{\text{ч}_Q} = \frac{q_{\text{н}_\text{т}} \gamma_\text{с}}{t_\text{рс}}; \tag{2.189}$$

– за смену:

$$W_{\text{см}_Q} = q_{\text{н}_\text{т}} \gamma_\text{с} n_\text{рс}. \tag{2.190}$$

Сменная производительность

$$W_\text{см} = W_\text{ч}(T - t_\text{ТО}), \tag{2.191}$$

где $t_\text{ТО}$ – время простоев на техническое обслуживание в течение смены, ч.

Важным резервом повышения производительности транспортных средств является научно обоснованная организация их работы (правильное комплектование технологических звеньев уборочно-транспортных отрядов; поточно-групповая технология выполнения операций; часовые графики движения транспортных средств, исключающие простои и ожидания погрузки).

Использование автомобилей большой грузоподъемности и автопоездов, наращивание бортов прицепов и полуприцепов, применение

бункеров-накопителей на сортировальных пунктах, контейнерные перевозки и другие мероприятия способствуют повышению производительности и снижению затрат транспортных средств.

2.7.3. Объем транспортных работ и план перевозок грузов

Объем транспортных работ сельскохозяйственного предприятия (организации) включает перевозку сельскохозяйственной продукции, а также перевозку грузов, обеспечивающих функционирование всех подразделений предприятия.

Для определения объемов перевозок и их календарных сроков, необходимого количества и видов транспортных и погрузочно-разгрузочных средств составляют план перевозок грузов (табл. 2.5), на основании которого определяют потребность в транспортных средствах на перспективу, год или текущий период года.

Необходимое количество транспортных (погрузочных) средств определяют как отношение объема транспортной работы за день (погрузочных работ) и дневной производительности одного транспортного средства (погрузочного средства):

$$m_x = \frac{Ql}{Д_р W_{см} K_{см}} = \frac{7U}{Д_р W_{см} T_{сут}}; \qquad (2.192)$$

$$n_{пог} = \frac{7Q}{Д_р W_{см_{пог}} T_{сут}}. \qquad (2.193)$$

Напряженный период работы транспортных средств выявляют путем построения графика транспортных работ (рис. 2.29) в тоннах либо тонно-километрах по данным табл. 2.4.

На оси абсцисс отмечают календарные сроки, а на оси ординат – объем перевозок (т) или объем транспортной работы (т·км за день). При построении графика сначала отмечают транспортные работы, выполняемые каждый день в течение года либо длительного срока, затем связанные с технологическими операциями и лишь в конце – работы по перевозке несрочных грузов.

При определении количества транспортных средств можно использовать примерные нормативы потребности в них на 1000 га пашни (табл. 2.6), которые разработаны для средних условий сель-

скохозяйственного производства Республики Беларусь с учетом распределения перевозок между различными видами транспорта.

Нормативы потребности в грузовых автомобилях рассчитывают исходя из максимальной потребности в напряженный период проведения полевых сельскохозяйственных работ и с учетом тракторных перевозок. В зависимости от конкретных условий хозяйствования эти нормативы могут быть скорректированы.

Таблица 2.5

План перевозок грузов

Наименование груза	Календарные сроки перевозок	Время работы за сутки, ч	Объем перевозок, т	Объем перевозок за день, т	Среднее расстояние перевозок, км	Транспортная работа за день, т·км	Марка транспортных средств	Сменная производительность транспортного средства, т·км/см	Дневная производительность транспортных средств, т·км/день	Потребное количество транспортных средств, шт.	Объем погрузочных работ, т	Дневной объем работы на погрузке, т	Погрузочный агрегат	Сменная производительность погрузочного агрегата, т/см	Дневная производительность погрузочного агрегата, т/день	Потребное количество погрузочных агрегатов, шт.

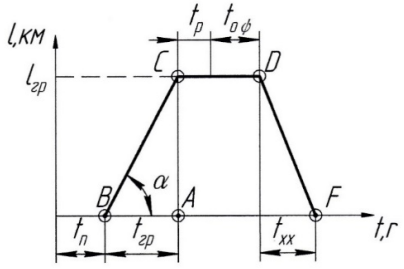


Рис. 2.29. График движения транспортных средств:
$t_п$ – время погрузки; $t_{гр}$ – время ездки с грузом;
$t_р$ – время разгрузки; $t_{оф}$ – время на оформление документов;
$t_{хх}$ – время холостой ездки; $l_{гр}$ – расстояние перевозки грузов

Таблица 2.6

Нормативы потребности в грузовых автомобилях

Тип автомобиля	Норматив на 1000 га пашни	
	шт.	автомобиле-тонн
Грузовые автомобили универсальные, в т. ч.:	14,11	64,45
бортовые;	5,80	20,22
самосвалы;	7,01	33,42
седельные тягачи	1,30	10,81
Грузовые автомобили специализированные, в т. ч.:	3,50	16,50
автофургоны;	0,76	3,81
авторефрижераторы;	0,05	0,27
автоцистерны, из них:	2,69	12,42
для нефтепродуктов;	0,87	3,04
для молока;	1,05	3,96
для воды;	0,06	0,27
автокормовозы;	0,32	2,46
автоцементовозы	0,13	1,17
Автомобильные прицепы:		
универсальные;	2,81	–
специализированные	0,20	–
Тракторные прицепы	15,62	–

Для обеспечения высокопроизводительной работы полевых МТА в каждом конкретном случае необходимо определенное количество транспортных средств. Их недостаточное количество приводит к простою технологических агрегатов, а излишки – к простою самих транспортных средств.

Текущее (оперативное) планирование использования подвижного состава можно осуществлять в двух вариантах:

1) если перевозки не связаны непосредственно с обслуживанием сельскохозяйственных машин (агрегатов), т. е. в обычном транспортном процессе, то потребность в них определяют по формуле (2.192);

2) если транспорт обслуживает полевые технологические агрегаты, то необходимое для этого количество транспортных средств рассчитывают по условию равенства производительности технологических агрегатов и транспортных средств

$$m_x = \frac{W_ч n_а}{W_{ч_Q}}, \qquad (2.194)$$

где $W_ч$ – часовая производительность технологического агрегата, т/ч;
$n_а$ – количество технологических агрегатов в звене (отряде).

Количество транспортных (погрузочных) средств округляют до большего целого числа.

2.7.4. Особенности использования транспорта в зимних условиях

При работе транспорта в зимних условиях следует учитывать его проходимость на некоторых участках, выполнять правила безопасности движения.

Из-за снежных заносов машины движутся с пониженной скоростью. Чтобы разъехаться со встречным транспортом на узкой наезженной дороге, необходимо двигаться очень осторожно или остановиться. Уступать дорогу должен менее нагруженный транспортный агрегат.

Транспортные агрегаты следует водить так, чтобы колея прицепа совпадала с колеей тягача. Для улучшения сцепления колес с дорогой применяют различные приспособления: цепи противоскольжения, трековые дорожки и т. д.

В оттепель и гололедицу при появлении бокового скольжения колес машина теряет управление, а при торможении ее заносит. В таких случаях необходимо двигаться осторожно, на пониженной скорости, не совершая крутых поворотов и резких торможений.

Водоемы следует переезжать по льду в обозначенном месте, предварительно проверив толщину льда. Наименьшая допустимая толщина льда при температуре воздуха ниже 0 °С для транспортного агрегата массой до 3,5 т составляет 0,25–0,34 м, массой до 10 т – 0,42–0,56 м, массой до 40 т – 0,80–1,00 м.

2.7.5. Механизация погрузочно-разгрузочных работ

Эффективность использования транспортных средств, особенно при перевозке грузов на небольшие расстояния, в значительной степени зависит от уровня механизации погрузочно-разгрузочных работ. На сельскохозяйственных предприятиях (в организациях) он составляет: при уборке и вывозе с поля сена и соломы – 40 %–85 %, картофеля и корнеплодов – 25 %–60 %, при погрузке минеральных и органических удобрений – около 95 %.

Все погрузочно-разгрузочные средства по техническим признакам подразделяют на группы:

– по *характеру перемещения груза* – беспрерывного и циклического действия;

– по *способу установки* – стационарные, передвижные и ограниченно-передвижные;

– по *назначению* – универсальные и специальные (универсальные погрузчики циклического действия в основном навесные);

– по *способу выполнения работ* – фронтальные, фронтально-перекидные и поворотные.

Уровень универсальности погрузчиков определяют набором сменных рабочих органов для погрузки различных грузов (табл. 2.7).

Производительность погрузочного агрегата (т/ч) определяют по формуле

$$W_{\text{ч. погр}} = W_{\text{р. погр}} K_{\text{г}} \tau_{\text{погр}}, \qquad (2.195)$$

где $W_{\text{р. погр}}$ – расчетная производительность погрузчика (по технической характеристике), т/ч;

$K_{\text{г}} = \dfrac{\gamma}{\gamma_{\text{р}}}$ – коэффициент использования грузоподъемности погрузчика (γ – объемная масса сельскохозяйственных грузов, т/м^3; $\gamma_{\text{р}} = 1$ – расчетная объемная масса груза, т/м^3);

$\tau_{\text{погр}}$ – коэффициент использования времени смены.

Коэффициент использования времени смены рассчитывают по формуле

$$\tau_{\text{пог}} = \frac{n_{\text{д. п}}}{n_{\text{р. п}}}, \qquad (2.196)$$

где $n_{\text{д. п}}$, $n_{\text{р. п}}$ – количество действительных и расчетных погрузок соответственно.

Количество действительных погрузок находят по выражению

$$n_{\text{д. п}} = \frac{T_{\text{см}} - t_2 - t_5 - t_6}{t_{\text{ц. тр}}} m_x. \qquad (2.197)$$

Количество расчетных погрузок определяется по выражению

$$n_{\text{р. п}} = \frac{T_{\text{см}} - t_2 - t_5 - t_6}{t_{\text{п}}}, \qquad (2.198)$$

где $t_{\text{п}} = \frac{q_{\text{ф}}}{W_{\text{р. пог}}} + 0,01$ – время на погрузку и замену транспорта, ч;

$q_{\text{ф}} = V\gamma\lambda$ – количество груза, перевозимого транспортным средством за один рейс, т.

Количество транспортных агрегатов, необходимых для полной загрузки погрузчика (при $\tau_{\text{погр}} = 1$), определяют по формуле

$$m_x = \frac{t_{\text{ц. тр}}}{t_{\text{п}}}. \qquad (2.199)$$

Согласно существующим нормативам механизацию погрузочно-разгрузочных работ (по навалочным грузам) осуществляют в срок при наличии на сельскохозяйственном предприятии (в организации) на 1000 га пашни погрузчиков с суммарной производительностью около 400 т/ч. Обеспеченность сельского хозяйства специальными погрузчиками оценивают по суммарной производительности на 1000 га посева соответствующей культуры.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диагностика и техническое обслуживание машин : учебное пособие / Т. А. Непарко, Д. А. Жданко, Н. Н. Быков [и др.] ; под ред. Т. А. Непарко. – Минск : БГАТУ, 2025. – 212 с.

2. Жданко, Д. А. Прогнозирование остаточного ресурса мобильных энергетических средств / Д. А. Жданко, В. Е. Тарасенко, Т. А. Непарко. – Минск : БГАТУ, 2022. – 280 с.

3. Кузьмин, Н. А. Диагностика современных автомобилей : учебное пособие / Н. А. Кузьмин, А. Д. Кустиков. – М. : ИНФРА-М, 2024. – 228 с.

4. Непарко, Т. А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. Практикум : учебное пособие / Т. А. Непарко, Д. А. Жданко, И. Н. Шило ; под ред. Т. А. Непарко. – Минск : БГАТУ, 2021. – 192 с.

5. Непарко, Т. А. Технология и техническое обеспечение производства продукции растениеводства : [электронное учебное пособие] / Т. А. Непарко ; Минсельхозпрод РБ, БГАТУ, кафедра ЭМТП и А. – Минск : БГАТУ, 2023. – 1 CD-ROM. – Текст : электронный.

6. Непарко, Т. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка. Дипломное проектирование : учебное пособие / Т. А. Непарко, Н. Н. Быков, Т. М. Чумак ; под ред. Т. А. Непарко. – Минск : БГАТУ, 2025. – 276 с.

7. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 1 февраля 2021 г. № 59 // КонсультантПлюс. Беларусь : справ. правовая система (дата обращения: 28.02.2026).

8. Основы энергосбережения в сельскохозяйственном производстве : учебное пособие / Г. Ф. Добыш, А. В. Новиков, И. Е. Жабровский [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 343 с.

9. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка : учебное пособие / Т. А. Непарко, Д. А. Жданко, Н. Н. Быков, А. В. Нагорный ; под ред. Т. А. Непарко. – Минск : РИПО, 2023. – 304 с.

10. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка. Лабораторный практикум : учебное пособие / Т. А. Непарко, Д. А. Жданко, А. П. Ляхов [и др.]. ; под ред. Т. А. Непарко. – Минск : БГАТУ, 2022. – 168 с.

11. Система перспективных машин и оборудования для реализации эффективных технологий производства и первичной переработки

основных видов продукции растениеводства и животноводства на 2021–2025 годы и на период до 2030 года : (методические рекомендации) / НАН Беларуси [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2024. – 118 с.

12. Техническая эксплуатация машин : учебное пособие / А. В. Новиков, Т. А. Непарко, Д. А. Жданко [и др.]. – Минск : Элиста ; КалмГУ, 2018. – 144 с.

13. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства : учебное пособие / Т. А. Непарко, А. В. Новиков, И. Н. Шило ; под общ. ред. Т. А. Непарко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 199 с.

14. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Курсовое проектирование : учебное пособие / сост.: Т. А. Непарко, Д. А. Жданко, А. В. Нагорный ; под ред. Т. А. Непарко. – Минск : БГАТУ, 2022. – 268 с.

15. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Лабораторный практикум : учебное пособие / Д. А. Жданко, Т. А. Непарко, А. В. Новиков [и др.] ; под. ред. Д. А. Жданко. – Минск : РИВШ, 2020. – 338 с.

16. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Практикум : учебное пособие / Т. А. Непарко, А. В. Новиков, И. Н. Шило [и др.] ; под ред. Т. А. Непарко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 220 с.

17. Технология и организация механизированных работ : учебное пособие / Д. А. Жданко, Т. А. Непарко, И. Н. Шило, В. Я. Тимошенко ; под. ред. Д. А. Жданко. – Минск : РИПО, 2020. – 270 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

Непарко Татьяна Анатольевна

ЭКСПЛУАТАЦИЯ
МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

В двух частях

Часть 1

Учебное пособие

Ответственный за выпуск *Т. А. Непарко*
Редактор *Д. А. Значёнок*
Корректор *Д. А. Значёнок*
Компьютерная верстка *Д. А. Значёнок*
Дизайн обложки *Д. О. Михеевой*

Подписано в печать 24.07.2026. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 17,67. Уч.-изд. л. 13,82. Тираж 99 экз. Заказ 144.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–1, 220012, Минск.