

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

На правах рукописи

ЛАВРОВ Александр Владимирович

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ
РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

Специальность 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

Диссертация на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант –
доктор технических наук, профессор,
академик РАН
Дидманидзе Отари Назирович

Москва – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТРАКТОРНОГО ПАРКА ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ТАКИМИ ВИДАМИ РЕСУРСОВ КАК ПАШНЯ И ТРУДОВОЙ ПОТЕНЦИАЛ.....	15
1.1 Изменение характеристик тракторного парка как основного ресурса механизированного сельскохозяйственного производства Российской Федерации в период с 1990 г. по 2023 г.....	15
1.2 Использование тракторов сверх срока амортизации.....	20
1.3 Критерии и методы оптимизации состава МТП в зависимости от типа воспроизводства в сельском хозяйстве.....	26
2 МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КАК ЧЕТЫРЕХУРОВНЕВОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	39
2.1 Четыре уровня системы мобильных энергетических средств: трактор, типаж, технологическая потребность, реальный парк	39
2.2 Механизированное сельскохозяйственное производство как единая ресурсопроводящая система	46
Выводы по главе 2.....	50
3 СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ТРАКТОР В ПОЛНОМ ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ	51
3.1 Классификация мобильной сельскохозяйственной техники.....	51
3.2 Основные этапы совершенствования технологических свойств трактора.....	53
3.3 Сложившаяся структура научных основ создания мобильных энергетических средств	56
3.4 Технологическое направление развития сельскохозяйственных мобильных энергетических средств.....	59
3.5 Развитие теории трактора в современных условиях	77
3.5.1 Теория и расчет модульных энерготехнологических средств	77

3.5.2 Экспериментально-теоретический метод оценки максимального контактного давления на почву	86
3.5.3 Согласование тягово-сцепных качеств движителей сельскохозяйственных тракторов с допустимым максимальным давлением на почву	95
Выводы по главе 3.....	105
4 ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПАЖА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ	106
4.1 Формирование типажа тракторов по назначению	106
4.2 Основные производители тракторов в России с 1917 по 2010 гг.	109
4.3 Некоторые аспекты при обосновании типов и конструкций тракторной техники	111
4.4 Обзор существовавших Систем машин и типажей тракторов	113
4.5 Современная двухпараметрическая классификация типажа сельскохозяйственных тракторов и мобильных энергетических средств, согласованная с рядом предпочтительных чисел	120
4.6 Типаж сельскохозяйственных тракторов и мобильных энергетических средств на период до 2030 года	132
4.7 Алгоритм приведения результатов определения тяговых показателей отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов, определенных по Международным (ИСО) и ОЭСР стандартам	150
Выводы по главе 4.....	159
5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОТРЕБНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРАХ	160
5.1 Коэффициенты перевода в эталонные тракторы на основе методики технического нормирования	160
5.2 Моделирование потенциальной сменной производительности пахотных агрегатов как основы для расчета условных коэффициентов перевода тракторов в эталонные единицы с учетом их технического уровня.....	163
5.3 Оценка состояния тракторного парка АПК по нормативам.....	178

Выводы по главе 5.....	181
6 ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО И МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ.....	182
6.1 Компьютеризированный мониторинг машинно-тракторного парка...	182
6.2 Методические особенности формирования тракторного парка хозяйства с использованием комбинированных машинно-тракторных агрегатов.....	200
6.3 Результаты проверки технологии мониторинга, оптимизации и прогнозирования состава тракторного парка для растениеводства на примере Республики Башкортостан	209
6.3.1 Мониторинг состояния тракторного парка	209
6.3.2 Методика оптимизации количественно-возрастного состава тракторного парка в условиях дефицита и эксплуатации за сроком амортизации	217
6.3.3 Прогнозирование потребности в тракторах до 2030 года	225
Выводы по главе 6.....	228
7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫХ ОСНОВ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ.....	230
7.1 Оценка энергетической эффективности реализации технологического направление развития сельскохозяйственного трактора	230
7.2 Оценка эффективности использования сельскохозяйственных тракторов при двухпараметрической классификации	240
7.3 Оценка недобора и потерь сельскохозяйственной продукции при дефиците сельскохозяйственных тракторов	244
Выводы по главе 7.....	248
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	250
ПРИЛОЖЕНИЕ	274

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования.

Проблемы ресурсосбережения в современном мире приобретают все большую остроту, связанную как с возрастающими масштабами их потребления и невозможности восстановления, так и с ограниченностью научно-методических подходов к оценке ресурсозатратности производства. Так в сельскохозяйственных организациях России с 1990 г. по 2023 г. сокращение основных производственных ресурсов составило:

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| - по тракторному парку | - 1167 тыс. тр. (85,5%) |
| - по обрабатываемой площади пашни | - 53,5 млн га (46,6%) |
| - по количеству рабочих мест | - 8,2 млн р.м. (86%) |

Большие масштабы устойчивого сокращения ресурсов свидетельствуют не о расширенном и не о простом, но фактически о суженном воспроизводстве с отрицательным процессом развития сельского хозяйства России.

Явления, сопровождающее это развитие, не находят своего анализа и системного рассмотрения. При крайне ограниченном государственном мониторинге технологического и технического состояния механизированного сельхозпроизводства его фактическая деградация (потеря функциональных признаков) официально представляется как развитие в виде поставок зерна на экспорт и отдельных выставочных единиц техники, завышенной мощности.

В настоящее время без должной стоимостной оценки остаются невозможные объемы ресурсов, а также недобор и потери продукции, связанные с дефицитом тракторного парка относительно его оптимальной технологической потребности.

Чтобы оценить уровень падения сельскохозяйственного производства России приведем только некоторые факты, относящиеся к трем проблемам:

Обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации

При общем потреблении продуктов питания на уровне 75-95% от медицинских норм одна треть закупается по импорту, который достиг 35,1

млрд долл. США. В этой ситуации Правительство изменило существовавшие ранее «медицинские нормы» питания на «рациональные», которые оказались меньше норм ВОЗ, что противоречит геоклиматическому смыслу расчета норм питания.

Росстат как пашню фиксирует 30 млн га выбывших из сельскохозяйственного оборота земель.

Из произведенной продукции около 25% производится в хозяйствах населения для собственного потребления, где занято 35 млн человек, а в следствии специфики работы: население затрачивает много ручного труда, даже имея в наличии мотоблоки и ручной инвентарь.

Достижение целевых показателей Стратегии развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года во многом зависит от уровня технической оснащенности сельскохозяйственных предприятий. В частности, Минсельхоз РФ ставит задачу увеличить производство зерна до 170 млн тонн, что соответствует производственному потенциалу страны. Однако для реализации этой цели необходимо решить две ключевые задачи: вовлечение в оборот неиспользуемых пахотных земель и обеспечение агропромышленного комплекса (АПК) современным машинно-тракторным парком с передовыми прогрессивными машинными технологиями.

Развитие сельских территорий

35 млн чел. работников в хозяйствах населения, с низким уровнем механизации, фактически ручным трудом производят сельскохозяйственную продукцию, при мизерных доходах имеют статус занятых, т.е. не являются безработными, но не имеют никаких социальных гарантий.

Агрохолдинги (агробизнес) скупают пашню, отчуждают владельцев от земли и доходов от нее, налоги уходят в штаб-квартиры, но не остаются на селе, завышая мощность техники для сокращения количества работников, искажают рациональную структуру тракторного парка.

Научно-методическое обеспечение развития парка

Слабо изучены вопросы использования тракторов за сроком амортизации, влияния уровня технической оснащенности на продуктивность машинных технологий производства растениеводческой продукции, закономерности взаимодействия различных видов ресурсов в механизированном сельскохозяйственном производстве.

Деформация процесса воспроизводства до суженного, невозможность (сокращение численности тракторного парка, уменьшение площади пашни и количества рабочих мест) ресурсной базы принципиально меняет методы определения эффективности сельского хозяйства: затратный метод не может учесть выбывающие ресурсы, необходимо применять стоимостной метод и определять перенесенную стоимость техники, пашни и рабочих мест на продукцию. Если техника имеет понятие «амортизации» (восстановления) перенесенной стоимости, то пашня и рабочее место такого понятия не имеют.

Классификационные признаки тракторов в России и Европе согласованы не полностью.

Результаты проведенных ранее исследований по оптимизации состава тракторного парка, так же, как и используемые методики исследований, не применимы для суженного воспроизводства, в условиях которого сельское хозяйство России отрицательно развивается уже более 30 лет.

Система мобильных энергетических средств как базовый ресурс, определяющий эффективность реализации машинных технологий растениеводства, методологически должна рассматриваться в виде четырехуровневой технической системы: трактор, типаж, технологическая потребность, реальный парк, каждый из которых имеет собственные предметы исследования, от степени изученности которых зависит общая эффективность парка.

Все перечисленные проблемы имеют прямое отношение к развитию системы мобильных энергетических средств, ее техническим характеристикам как базового ресурса.

В связи с изложенным, работа, раскрывающая новые ресурсные качества системы мобильных энергетических средств как технической системы, взаимодействующей с различными видами ресурсов в механизированных технологиях растениеводства и позволяющая повысить их эффективность, является актуальной.

Степень разработанности поставленных проблем.

Вопросы оптимального использования техники при расширенном и простом воспроизводстве рассматривались во многих работах таких известных ученых и исследователей как Р.Ш. Хабатов, Б.Д. Докин, Э.А. Финн, Б.И. Кашпура, В.И. Мининзон, Х.Г. Барам, О.К. Киртбая, А.Д. Мурашев, Ю.А. Конкин, С.Г. Стопалов, Г.Г. Косачев, А.П. Перерва, А.Л. Эйдис, Л.М. Пилюгин, О.К. Киртбая, И.П. Ксеневич, О.Н. Дидманидзе, В.Г. Шевцов, Р.Т. Хакимов, К.Д. Хафизов, Е.В. Труфляк, С.И. Камбулов, Д.С. Гапич, И.Г. Галиев, А.Г. Левшин и других ученых.

Вопросы разработки типажа и технологий рассматривались в работах таких известных ученых и исследователей как А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, Ю.С. Ценч, З.А. Годжаев, Г.М. Кутьков, В.Г. Шевцов, В.И. Мининзон, В.М. Бейлис, Э.В. Жалнин Н.Е. Евтюшенков, А.Г. Пономарев, А.А. Соловейчик, А.Я. Поляк, Б.И. Пейсахович, Б.И. Кашпура, Б.Д. Докин, А.К. Лысов, И.И. Габитов, С.Г. Мударисов, Н.И. Селиванов и др.

Однако можно показать, что при нынешнем уровне развития сельского хозяйства правильно определить рациональный состав и план работы машин существующими и, в частности, перечисленными методами невозможно. Несовершенство до сих пор еще применяемых способов заключается в том, что ими нельзя учесть все факторы, влияющие на экономику парка, получить и обработать огромное количество данных, от которых может зависеть эффективность применяемых средств механизации.

Рассмотренные выше методы и критерии базируются на затратном подходе и не учитывают процессы невосстановления тракторного парка площади пашни и количества рабочих мест. В связи с этим представляется

актуальным разработку новых методов и критериев оптимизации парка тракторов на основе доходного подхода.

Цель исследования.

Цель – методологическое обоснование направлений развития парка, типажа и конструкции сельскохозяйственных тракторов, которые позволят обеспечить повышение эффективности механизированного сельхозпроизводства.

Предмет и объект исследования.

Предметом исследования являются закономерности развития парка, типажа и конструкции сельскохозяйственных тракторов.

Объектом исследования является система мобильных энергетических средств как технический ресурс реализации механизированного сельхозпроизводства.

Методы исследования.

В работе использован системный подход к решению поставленных задач, основанный на методах исследования сложных систем, закономерностях развития механизированного сельхозпроизводства, причинно-следственном анализе влияния факторов на эффективность производства сельскохозяйственной продукции. При обосновании теоретических положений применены методы математической статистики, дедуктивный метод построения теории переноса стоимости ресурсных составляющих на сельскохозяйственную продукцию на основании установленного обобщенного эквивалентного соотношения невозстановливаемых частей ресурсов, дифференциальное исчисление, экономико-математическое компьютерное моделирование, вычислительный эксперимент.

Достоверность результатов исследования.

Достоверность полученных результатов подтверждается значительным объемом статистических данных, представляющих тридцатипятилетнюю динамику изменений состояния тракторного парка, площади пашни,

количества рабочих мест и объемов производства сельскохозяйственных организаций Российской Федерации, корректностью разработанных математических моделей, их адекватностью по известным критериям оценки изучаемых процессов, использованием известных положений фундаментальной науки, хорошей сходимостью результатов вычислительного эксперимента по расчету предельного возраста и количества тракторов в парке СХО Российской Федерации с его фактическим состоянием.

Научная новизна работы.

Разработана новая методология, раскрывающая механизм взаимодействия ресурсов при реализации механизированных технологий с базовой ролью тракторного парка.

Получены зависимости потерь сельскохозяйственного производства от ресурсных характеристик тракторного парка: количественно-возрастного состава, тракторооснащенности.

Предложено представление системы мобильных энергетических средств как технической системы, включающей трактор, типаж, технологическую потребность и реальный парк.

Обоснована двухпараметрическая тягово-мощностная классификация типажа, содержащая 11 тяговых классов и 12 мощностных разрядов.

Разработана методика определения оптимального количественно-возрастного состава по критерию минимизации совокупных затрат, учитывающих невозстановление ресурсов.

Усовершенствован метод прогнозирования развития тракторного парка на основе учета факторов воздействия средств механизации на агрономическую культуру.

Практическая значимость работы.

Заключается в методическом, информационном и программном обеспечении прогнозирования развития механизированного сельскохозяйственного производства на основе развития тракторного парка во

взаимодействии с площадью пашни и количеством рабочих мест, описываемых эквивалентным соотношением переносимых стоимостей.

Реализация результатов работы.

Результаты исследования использованы при разработке:

1. Методические рекомендации по определению нормативной потребности в сельскохозяйственной технике для растениеводства.
2. Макетный образец технологического модуля для мобильных энергетических средств класса 1,4.
3. ГОСТ Р 58656 – 2019. ТЕХНИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ МОБИЛЬНАЯ. Методы определения воздействия движителей на почву.
4. СТАНДАРТ организации СТО ВИМСТАНДАРТ 001-2016. ТРАКТОРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ И ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ. ТЯГОВЫЕ КЛАССЫ И МОЩНОСТНЫЕ РАЗРЯДЫ.

Положения, выносимые на защиту.

Обоснование становления тракторного парка как четырехуровневой технической системы, являющейся базовым ресурсом реализации механизированного сельхозпроизводства.

Развитие теории трактора при его работе в качестве мобильного энергетического средства в составе с технологическим модулем.

Технологическое направление развития сельскохозяйственных мобильных энергетических, обеспечивающее повышение энергоэффективности и экологической безопасности в полном жизненном цикле.

Двухпараметрическая тягово-мощностная классификация типажа сельскохозяйственных тракторов.

Методика и результаты определения технологической потребности в сельскохозяйственных тракторах на примере двух регионов.

Методика оптимизации количественно-возрастного состава тракторного парка в условиях ограниченности ресурсов.

Апробация результатов работы.

Результаты НИР, проведенные в ВИМе при участии автора, которые нашли применение в данной диссертации:

НИР FGUN-2022-0009 «Разработать методологию и технические решения создания мобильных энергетических и транспортно-технологических средств для интеллектуального сельскохозяйственного производства»;

НИР № 0581-2019-0010 «Разработка системы мобильных энергетических и транспортно-технологических средств для цифрового сельского хозяйства»;

НИР 2018 г. 10.9.03-2018 «Провести теоретические и экспериментальные исследования по созданию мобильных универсально-пропашных и транспортных энергосредств нового поколения класса 0,9; 2; 3 с высокоэффективными силовыми установками, приводами и ходовыми системами» по теме 10.9.03 «Разработка системы универсальных мобильных энергетических и транспортно-технологических комплексов для сельскохозяйственного производства»;

НИР 2017 г. 10.9.01. «Разработка научно-технических прогнозов, программ, концепций, систем машин и технологий, стратегий развития инженерной сферы сельскохозяйственного производства и сельскохозяйственного машиностроения» «Разработать методические рекомендации по составлению прогноза технического и технологического развития сельскохозяйственного производства, перспективные направления развития энергосберегающих технологий и оборудования, методологию оценки функционирования инженерно-технической системы технического сервиса и машиноиспользования в сельскохозяйственном производстве»;

НИР 2016 г. 24.1.5. «Доработать проект раздела «Типаж тракторов и мобильных энергетических средств». Система инновационных машинных технологий и техники нового поколения»;

НИР 2015 г. 24.3 «Разработать методологию и алгоритмы создания машин и оборудования нового поколения, технических и технологических комплексов для селекции и семеноводства приоритетных видов сельскохозяйственных культур»;

НИР 2014 г. 24-1. «Система формирования инновационных машинных технологий, процессов, машин и оборудования нового поколения для производства конкурентоспособной продукции растениеводства, построенная на принципах ресурсо-энергосбережения и экологической безопасности»;

НИР 2013 г. 09.01.05.01.01.01 «Разработать базу данных тяговых показателей отечественных и зарубежных тракторов по системе OECD на основе созданного алгоритма приведения технических характеристик сельскохозяйственных тракторов по ISO к показателям классификации типажа сельскохозяйственных тракторов России»;

НИР 2012 г. «Провести исследования и разработать Концепцию развития сельскохозяйственных тракторов и тракторного парка России на период до 2020 года».

Основные положения и результаты диссертационного исследования обсуждены и одобрены:

- на заседании секции Научно-технической политики Научно-технического совета Минсельхоза России (протокол № 21 от 10 декабря 2020 г.);

- на совещании в Евразийской экономической комиссии (протокол № 11-26/пр от 03 мая 2023 г.);

- на научных конференциях Всероссийского и международного уровня: «Республиканский семинар-совещание по организации ремонта и модернизации сельскохозяйственной техники в осенне-зимний период 2023-2024 годов» (Республика Башкортостан, 2023 г.); «III Международной научно-практической конференции Союза промышленников «Прогресс» (г. Минск, 2023 г.); «II Международной научно-практической конференции Союза промышленников «Прогресс» (г. Москва, 2023 г.); «Роботизированные и

автоматизированные системы в автомобиле- и тракторостроении» (г. Воронеж, 2022 г.); «Роботизированные и автоматизированные системы в автомобиле- и тракторостроении» (г. Воронеж, 2022 г.); «Исследования и последние достижения в АПК и биотехнологиях», г. Краснодар, 2021 г.); «Advanced Technologies in Agriculture and Food Processing» (On-line (Zoom conference), 2021 г.); «International conference on artificial intelligent and agriculture engineering (AIAE 2021)» (Moscow, 2021 г.); «XIX. World Congress of CIGR (International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering)» (Antalya, Turkey, 2018 г.); Семинар «Чтения академика В.Н. Болтинского» (Москва, 2018 г.).

- при выполнении договоров: ПАО «КАМАЗ» (договор № 157/1 от 09.06.2023 г.); НИУ ВШЭ (договор № 6.12-21/01.87-110723-5 от 11.07.2023 г.); ФГБОУ ВО БашГАУ (договор, №04-01-1/2022 от 20.01.2022 г.); ООО «АСТ» (договор, №10-03-1/2022 от 01.04.2022 г.); ПАО «КАМАЗ» (договор, № 16-5-1/2022 от 01.07.2022 г.); «Фондом содействия развитию инноваций» (договор №3994ГС1/65569 (код 0065569) от 03.03.2021 г.); ООО «ЗГМ» (договор, № 18-02-1/2018 от 09.02.2018 г.).

Публикации. Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 32 научных трудах, в том числе в 20 статьях, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов диссертаций, в 7 статьях, входящих в МБД (Scopus), в 1 монографии, в 1 методических указаниях, получены 1 патент на изобретение и 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы, включающего 168 наименований, в том числе 9 на иностранном языке и приложения на 9 страницах. Объем диссертации – 282 страницы машинописного текста. Диссертационная работа проиллюстрирована 56 рисунками и поясняется 75 таблицами.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТРАКТОРНОГО ПАРКА ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ТАКИМИ ВИДАМИ РЕСУРСОВ КАК ПАШНЯ И ТРУДОВОЙ ПОТЕНЦИАЛ

1.1 Изменение характеристик тракторного парка как основного ресурса механизированного сельскохозяйственного производства Российской Федерации в период с 1990 г. по 2023 г.

Сельскохозяйственную продукцию в России производят три типа сельхозтоваропроизводителей, соотношения объемов производства которых в 2022 г. составили [1]:

- сельскохозяйственные организации (СХО) - 60,1%
- крестьянские (фермерские) хозяйства (КФХ) - 15,8%
- хозяйства населения (ХН) - 24,1%

В этих условиях государственный мониторинг парка сельскохозяйственных тракторов России (таблица 1.1) практически не ведется. Росстат показывает на конец года одну цифру по СХО, которая не позволяет оценить качественное состояние парка.

Таблица 1.1 – Состояние мониторинга парка сельскохозяйственных тракторов России

Основные сельхозтоваропроизводители	Вид мониторинга		
	Росстат	Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2016 г., тыс. шт.	Министерство сельского хозяйства РФ
Сельскохозяйственные организации (СХО)	Количество тракторов на конец года (без тракторов, на которых смонтированы землеройные, мелиоративные и другие машины), зарегистрировано сокращение парка от 1355,6 тыс. тр. в 1990 г. до 206,7 тыс. тр. в 2019 г.	Всего тракторов – 295 (средняя мощность – 78,0 л.с.) до 3 лет – 34,6 4-8 лет – 59,8 9 лет и более – 200,6	Количество тракторов на конец года (без тракторов на которых смонтированы землеройные, мелиоративные и другие машины), 197,6 в 2023 г.
Крестьянские (фермерские) хозяйства (КФХ)	Мониторинг не ведется	Всего тракторов – 190,5 (средняя мощность – 99,0 л.с.) до 3 лет – 27,1 4-8 лет – 44,1 9 лет и более – 119,2	Мониторинг не ведется
Хозяйства населения (ХН)	Мониторинг не ведется	Всего тракторов – н.д. (средняя мощность – н.д. л.с.) Возрастное состояние – н.д.	Мониторинг не ведется

Приведенные в таблице 1.1 сведения по КФХ и ХН получены в ходе устного опроса во время Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года [2] и не дают возможности оценить фактическую работоспособность парка тракторов, незарегистрированных в Ростехнадзоре, и недопущенных к безопасной эксплуатации.

Информация об устойчивой тенденции сокращения парка тракторов СХО по данным Росстата (рисунок 1.1) дополнена путем аналитического обобщения данных о годовых помарочных закупках на российском рынке сельскохозяйственных тракторов с разработкой базы данных «Количественно-возрастной состав парка тракторов сельскохозяйственных организаций Российской Федерации по годам за период с 1990 г. по 2010 г.» (гос. рег. № 2010620595 от 08.10.2010), с последующей актуализацией до 2023 года.

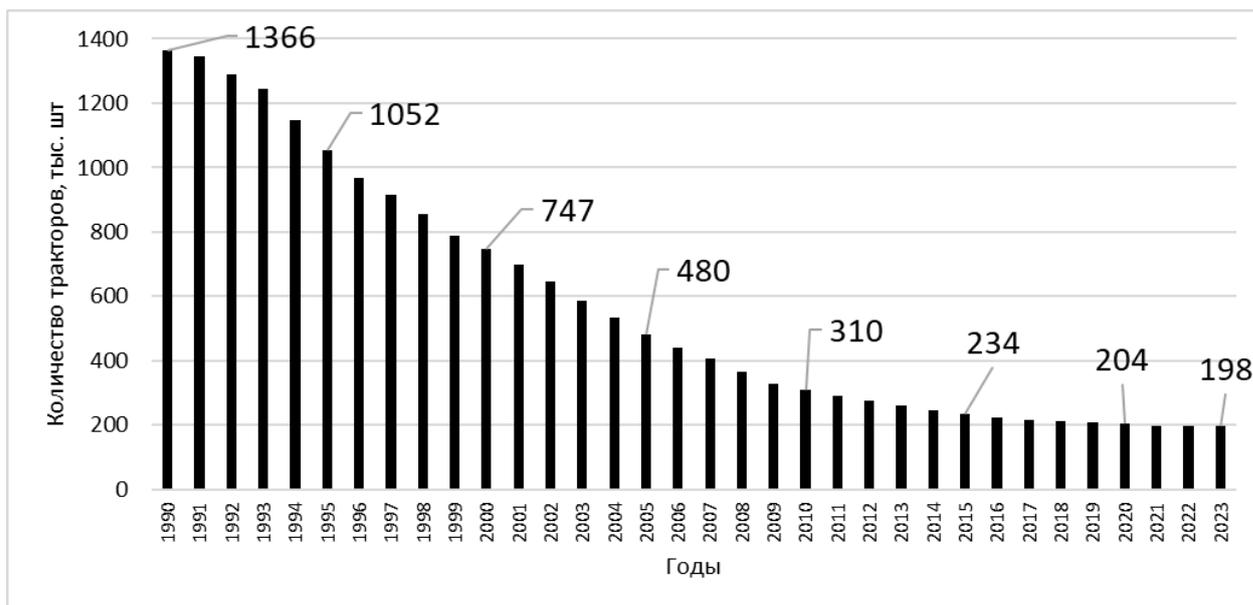


Рисунок 1.1 – Изменение количественного состава тракторного парка СХО с 1990 г. по 2023 г. (данные Росстат, без тракторов, на которых смонтированы землеройные, мелиоративные и другие машины)

Структура базы данных (БД) представлена на рисунке 1.2.

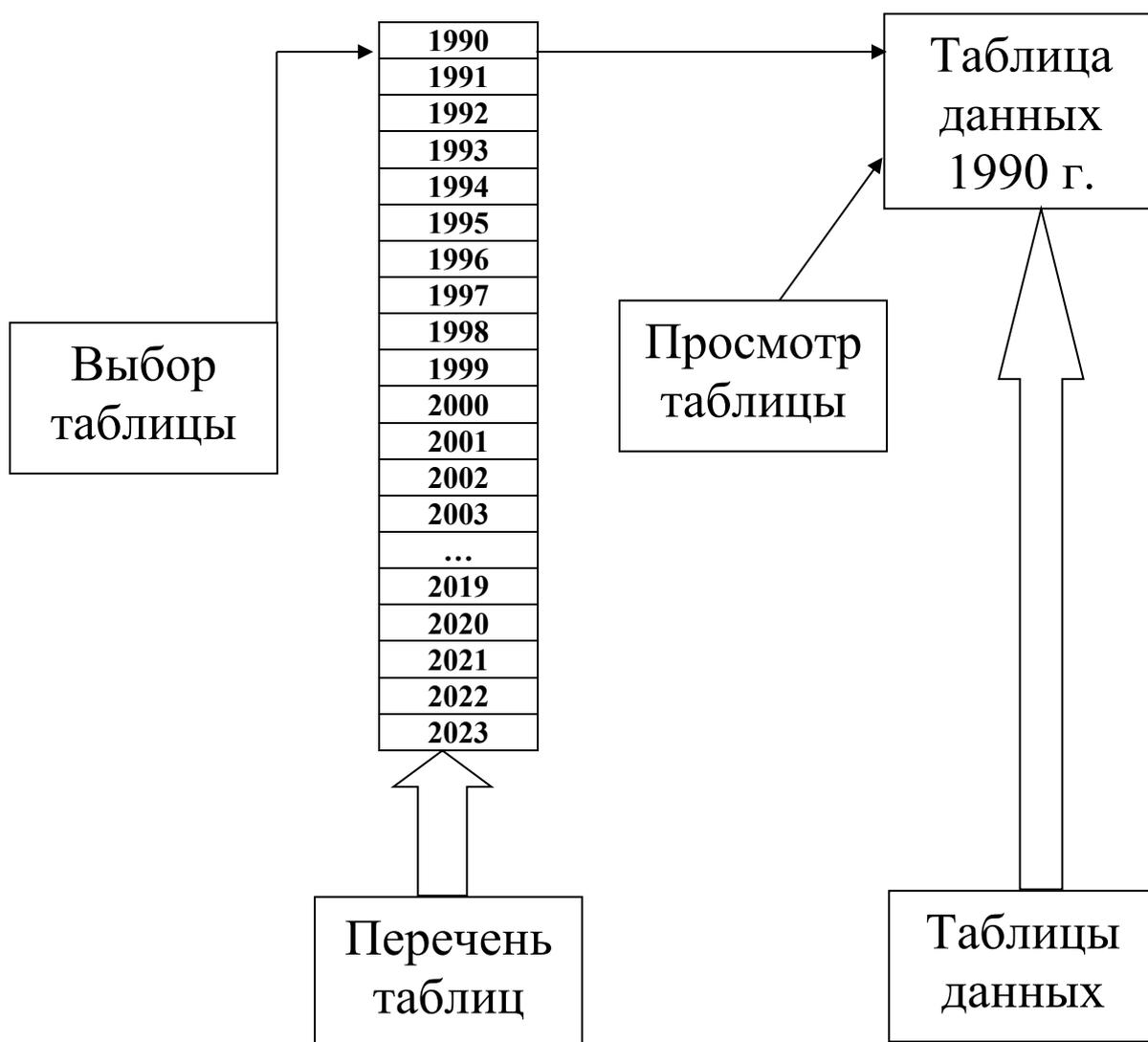


Рисунок 1.2 – Структура базы данных количественно-возрастного состава тракторного парка СХО

БД предназначена для хранения информации о годовом помарочном количественно-возрастном составе парка тракторов за период с 1990 г. по 2023 г. с дальнейшей коррекцией в режиме реального года.

БД применяется для расчета и анализа динамики основных показателей тракторного парка за период с 1990 г. по 2023 г. с целью выявления закономерностей формирования количественно-возрастной структуры парка.

Функциональные возможности БД связаны с возможностями MS Excel.

К базе данных предъявляются следующие требования:

- тип ЭВМ: ЭВМ IBM PC-совмест. ПК;
- СУБД: Microsoft Office Excel 2003;
- ОС: Windows XP/2000;
- объем базы данных: 700 Кб.

Сформированная БД представляет собой раскрытие фактического изменения общего количественного состава парка тракторов сельскохозяйственных организаций по данным Росстата с 1990 г. по 2023 г. [1, 3] с учетом результатов обработки статистических данных по годовым закупкам [4, 5] тракторов с 1982 г. по 2023 г.

Информация систематизируется помарочно на основании анализа статистических данных, представленных в «Аналитическом обзоре. Производство автомобильной, тракторной, сельскохозяйственной техники и компонентов к ней производителями России и других стран СНГ» № 12, 2023.

Общая структура российского рынка сельскохозяйственных тракторов формируется с учетом импорта и экспорта по данным Ежемесячного информационного бюллетеня «Импорт и экспорт сельскохозяйственной техники в Российской Федерации», РОССПЕЦМАШ, № 12, 2023. При помарочном рассмотрении импорта исключаются малогабаритные тракторы и тракторы, бывшие в употреблении.

Помарочный анализ рынка позволяет составить верхнюю строчку базы данных, представляющую множество тракторов с возрастом 1 год, все возрастные группы тракторов базы предыдущего года стареют на 1 год.

Количество тракторов, представленных в данных Росстата – 198 тыс., позволяет установить минимально необходимый предельный возраст, который составил 14 лет в парке 2023 года.

В годовых парковых таблицах представлены марки тракторов (тип), их количество и возраст (длительность работы с момента покупки) в тракторном парке за каждый год периода с 1990 года по 2023 год. В таблицах также имеются следующие обобщающие данные, характеризующие парк:

- общее количество тракторов в парке, из них за сроком амортизации;

- суммарное количество тракторов в каждой возрастной группе с выделением тракторов, произведенных в дальнем зарубежье;
- суммарное количество тракторов в каждой возрастной группе нарастающим итогом с выделением тракторов, произведенных в дальнем зарубежье;
- суммарное количество тракторов каждой марочной группы;
- суммарная мощность тракторов каждой марочной группы;
- процентное отношение суммарной мощности марочной группы к общей мощности парка;
- средняя мощность трактора в парке.

Систематизированная в БД информация позволяет наглядно представить процессы изменения количественно-возрастного состава тракторов в парке (рисунок 1.3) с прогнозом их ежегодного старения.

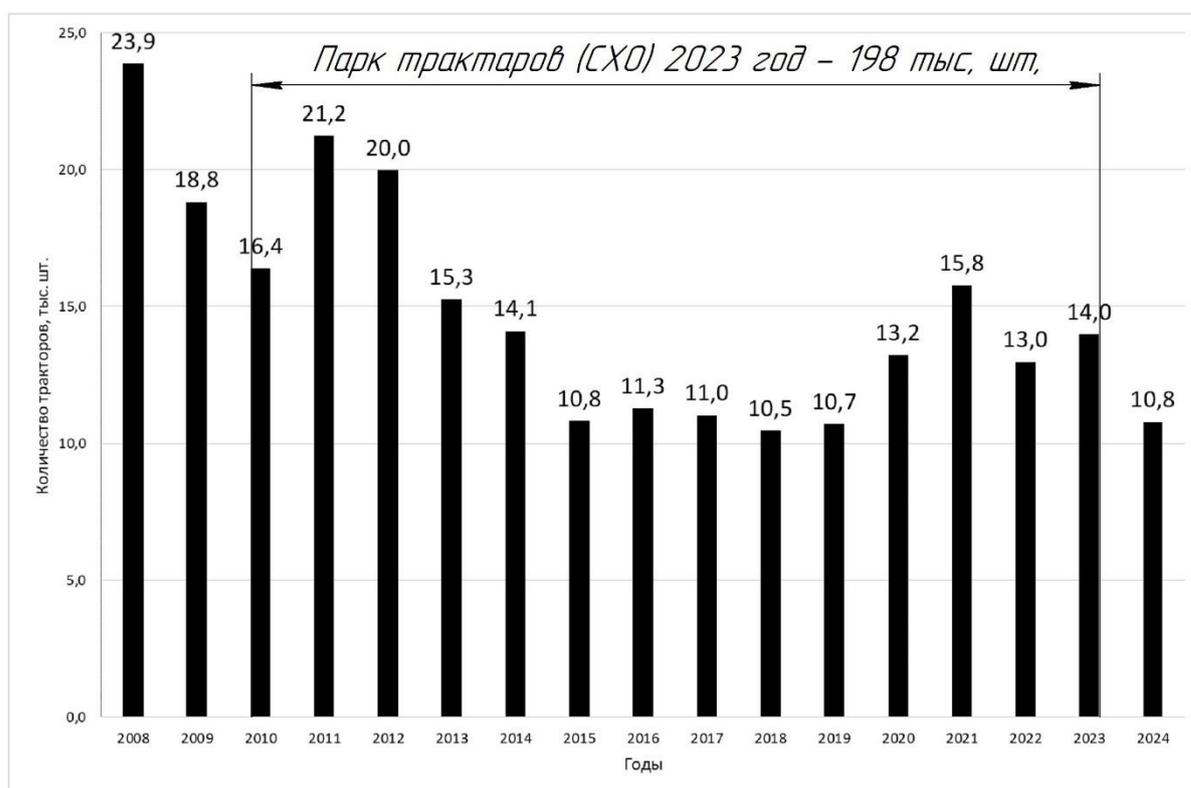


Рисунок 1.3 – Формирование количественно-возрастной структуры тракторного парка СХО с 2008 г. по 2023 г.

Приведенная схема формирования количественно-возрастного состава тракторного парка (см. рис. 1.3) позволяет оценить парк тракторов на конец

2023 года, всего в парке было 198 тыс. тракторов, для накопления которых в парке необходимо было сохранить закупки вплоть до 2010 года, т.е. в возрасте не менее 14 лет. Такие тракторы не могут эффективно использоваться в производстве и сведения об их наличии в парке являются условными.

1.2 Использование тракторов сверх срока амортизации

Возникшее явление массового использования тракторов сверх срока амортизации требует более подробного рассмотрения.

Обоснование оптимальных сроков использования машин в составе машинно-тракторного парка – одна из важнейших проблем эффективного механизированного сельхозпроизводства, связанных с научным подходом к воспроизводству капитала в стоимостной и материально-вещественных формах [6].

Срок безостановочной работы машины, срок службы машины и, следовательно, годовые нормы износа, должны рассматриваться во взаимосвязи с износостойкостью машины, характеризующей изменением величины износа и темпом его нарастания за время ее работы до полной выбраковки. Предельные величины износа могут определяться по различным критериям: техническому, связанному с резким повышением интенсивности изнашивания; качественному, проявляющемуся с ухудшением качества работы; экономическому, связанному с максимумом производительности или минимумом затрат [7, 8].

На примере шейки вала кривошипно-шатунного механизма [7] показано, что закономерности ее износа по диаметру заключается в том, что в начале приработки вала и подшипника износ быстро растет. Затем кривая износа поднимается плавно, в дальнейшем, с некоторого момента износ начинает расти быстро, так как с увеличением зазоров появляется ударная составляющая. В связи с известными закономерностями износа возникает задача определения оптимального срока службы машины исходя из

прогрессирующих расходов на восстановление работоспособности стареющих машин.

Предложено множество решений по данной проблеме.

Мурашов А.Д. [9] разработал метод расчета рационального срока службы сельскохозяйственных машин на основе ограничения скорости приращения затрат на ремонт машин.

Косачев Г.Г. [10] рассмотрел закономерности изменения затрат на эксплуатацию, представленных суммой затрат на реновацию, уменьшающихся с увеличением срока амортизации, и затрат на ремонт, возрастающих с продолжительностью использования техники. В связи с отсутствием точек минимума на рассматриваемых зависимостях определить оптимальный срок службы машин не удалось, и было предложено пользоваться нормативными данными.

В этой же работе отмечалось, что при оценке затрат на ремонтное воздействие из-за незапланированных простоев по техническим причинам необходимо учитывать ущерб, который несет сельское хозяйство из-за удлинения сроков работ, при чем подчеркивалось, что нормативно-методическое обеспечение данной оценки не разработано.

Интересен анализ причин более длительного, чем в СССР, использования техники в США.

В США в среднем сельскохозяйственные машины служат 15-20 лет. Но годовая загрузка техники в США в 3-4 раза ниже, чем в СССР. Так Г.Г. Косачев [10], ссылаясь на [11] пишет: «Характер использования техники с точки зрения сроков службы в США складывается следующим образом. Крупные капиталистические фирмы (используя право ускоренного амортизационного списания, представленного им налоговым законодательством) интенсивно используют машины 3-5 лет и затем заменяют их новыми, а старую поддержанную технику продают на рынке, где ее приобретает «более мелкий капиталист» и использует тоже 3-5 лет, в свою очередь, перепродавая «еще более мелкому капиталисту», который покупает ее за бесценок, но использует

в силу необходимости и невозможности свести концы с концами еще 8-10 лет. Этот принцип скользящего использования техники по типам фермерских хозяйств и создает иллюзию очень длительных сроков службы сельскохозяйственной техники».

Методика оптимизации сроков службы тракторов в работе С.Г. Стопалова [12] разработана исходя из критерия минимума суммы приведенных затрат в эксплуатации, дополнительных приведенных затрат в производстве и в сфере капитальных ремонтов, а также убытков от ненасыщенности парка и от простоев тракторов по техническим причинам.

В отличие от других предложений данная модель оптимизации опирается на количественно-возрастную структуру тракторного парка, учитывает убытки от ненасыщенности парка и от простоев по техническим причинам с превышением срока эксплуатации над сроком амортизации не более 2-3 лет.

В работе [7] предлагается рассматривать три критерия оценки технического состояния машин: технический, технологический и экономический.

В других исследованиях [13, 14] рекомендуют оптимальным считать такой срок службы машины, при котором стоимость очередного ремонта машины приближается к стоимости новой машины.

В качестве критериев оптимизации срока службы в работе [15] предложено рассматривать минимум удельных затрат на машино-час работы машины, максимум удельной прибыли при заданном уровне рентабельности.

Наиболее общий подход демонстрирует «Методика разработки нормативов сроков службы тракторов и зерноуборочных комбайнов в сельском хозяйстве» (1982 г.) разработанная учеными проблемной лаборатории МГАУ им. В.П. Горячкина (МИИСП), как головной организацией совместно с научно-исследовательскими институтами ГОСНИТИ, ВИМ, ВИСХОМ, НИИПиН [16].

Уточнению методики определения оптимального срока службы сельскохозяйственной техники, основанной на определении минимума приведенных затрат, посвящена работа Чутчевой Ю.В. [17] выполненная при научном консультировании акад. Россельхозакадемии Ю.А. Конкина. В этой работе показано, что при учете снижения работоспособности и цены машин в зависимости от их возраста в рыночной экономике целесообразно увеличение оптимальных сроков службы техники в пределах 2-3 лет.

Однако последующий анализ современных особенностей применения данной методики [16] приведенный академиком Конкиным Ю.А. в статье [6], показано, что: Критерий «минимум приведенных затрат» (являющийся основанием данной методики) позволяет вычислить оптимальный срок службы машины, но в процессе формирования парка, состоящего из машин разной экономичности, сроки использования корректируются. При нормальном протекании процесса полного воспроизводства в соответствии с присущими ему закономерностями обновления машин в парке после истечения оптимального срока использования критерий оптимальности P_u (приведенные затраты) будет закономерно уменьшаться по абсолютной величине. Скорость уменьшения этой величины отражает прогрессивные тенденции насыщения парка новыми более экономичными машинами. Однако, в условиях существенной деформации процесса воспроизводства сельскохозяйственной техники использование критерия «минимум проведенных затрат» не представляется возможным. Недостаток техники формирует тенденцию вынужденного продления сроков службы машин для выполнения работ по производству сельскохозяйственной продукции. Критерием ограничения продолжительности сроков службы тракторов и другой техники выступает результат сопоставления растущих эксплуатационных расходов на использование стареющей техники с объемом производимой продукции, рентабельностью ее производства в условиях рыночной экономики. При этом возникает дилемма – не производить

продукцию в хозяйстве с повышенными издержками или продолжить ее производство с использованием старой техники».

Далее в работе рекомендуется для внутрихозяйственного обоснования целесообразного срока службы машины проводить оценку экономической эффективности \mathcal{E}_m как превышение стоимости результатов P_m над стоимостной оценкой совокупных затрат Z_m при использовании машин за пределами оптимальных сроков службы.

В государственном масштабе «могут быть использованы другие критерии обоснования продолжительности использования технических средств производства с учетом социальной значимости и национальной безопасности, поскольку современное деформирование состояния материально-технической базы сельского хозяйства – временное».

Таким образом в настоящее время объективный – «критерий оптимальности» опущен до объективного критерия рациональности с неизвестным содержанием.

Проблема использования техники сверх срока амортизации связана с оценкой ухудшения технических характеристик трактора, влияющих на поддержание их в работоспособном состоянии. Имеющиеся нормативные данные [18] определяют готовые нормы износа и, следовательно, амортизационный срок и поправочные коэффициенты к определению годовой наработки (таблицы 1.2-1.4).

Таблица 1.2 – Годовые нормы износа по основным фондам учреждений и организаций, состоящих на Государственном бюджете СССР (утв. Госпланом СССР, Минфином СССР, Госстроем СССР и ЦСУ СССР 28 июня 1974 г. в соответствии с постановлением СМ СССР от 11 ноября 1973 г. № 824), в % к балансовой стоимости

Виды группы основных фондов	Шифр	Годовая норма износа	Амортизационный срок, год
<i>Тракторы</i>			
Тракторы гусеничные (класса 0,6 т) и колесные (класса 5,0 т) общего назначения	4017	11,0	9,1
Тракторы гусеничные (класса 3,0 т и 4,0 т) и колесные (класса 3,0 т) общего назначения; тракторы колесные (класса 0,9 и 1,4 т) универсально-пропашные	4018	12,5	8,0
Тракторы гусеничные (класса 2,0 т) и колесные (класса 0,9 т) специального назначения	4019	14,3	7,0
Тракторы класса 0,6 т	4020	16,6	6,0

Таблица 1.3 – Поправочные коэффициенты к годовой наработке в зависимости от срока службы техники

Сельхозмашины	Поправочные коэффициенты по сроку службы, год									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тракторы:										
К-701, К-700А, К-700	1,20	1,20	1,14	1,08	1,03	0,96	0,92	0,88	0,84	0,75
Т-150К, ЛТЗ-155, МТХ 1221, МТЗ-82, МТЗ-80, ЛТЗ-60	1,16	1,15	1,10	1,06	1,03	1,00	0,96	0,92	0,84	0,73
Т-150, Т-4А, Т-4М, ДТ-75М	1,12	1,10	1,07	1,04	1,00	0,95	0,90	0,82		
Т-70С, Т-54В	1,16	1,14	1,06	1,00	0,94	0,90	0,80			
Зерноуборочные комбайны	1,14	1,10	1,00	1,03	1,00	0,96	0,90	0,82		

Таблица 1.4 – Коэффициенты снижения производительности и увеличения текущих затрат на ремонты тракторов и зерноуборочных комбайнов

Марка машины	Средний «возраст» в составе парка, лет	Коэффициент снижения производительности	Коэффициенты увеличения затрат на ТО и текущий ремонт
К-700А, К-701	11	0,64	3,1
Т-4, Т-4А	12	0,61	3,3
Т-150, Т-150К	10	0,65	3,7
ДТ-75М	10	0,62	2,4
МТЗ-80	11	0,64	2,2
СК-5М «Нива»	12	0,67	3,4
«ДОН-1500Б»	10	0,71	3,2

Приведенные данные о сроках службы тракторов отличаются от рекомендуемых в ГОСТ 34393-2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» [19], в котором говорится, что «амортизационные отчисления по сельскохозяйственной технике определяют по нормативам,

установленным Министерством сельского хозяйства Российской Федерации» [20].

В соответствии с отраслевыми рекомендациями [21] в данном исследовании приняты следующие нормативные отчисления на амортизацию (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Нормы отчислений на ремонт, техническое обслуживание и амортизацию сельскохозяйственной техники

Тракторы	Нормы на амортизацию к балансовой стоимости, %	Амортизационный срок, год
К-742, К-701, К-700	10,0	10
Т-150, ЛТЗ-155	12,5	8
Т-150К	10,0	10
Т-130	11,1	9
Т-4, Т-4А, Т-4М	12,5	8
ВТ-100, ДТ-75М	12,5	8
МТЗ-1221, МТЗ-82	9,1	11

1.3 Критерии и методы оптимизации состава МТП в зависимости от типа воспроизводства в сельском хозяйстве

Критерии и методы оптимизации состава МТП должны рассматриваться исходя из системно-воспроизводственного способа определения технологической эффективности сельскохозяйственного производства, в котором сельскохозяйственное производство рассматривается как сложная социально-экономическая система, включающая ряд подсистем: технологическую, социальную, экологическую и организационно-экономическую, каждая из которых имеет одноименные виды эффективности [21]. В указанном способе эффективность производственного процесса измеряется как отношение производимой продукции к совокупным затратам, при этом термин «воспроизводство» является ключевым и отражает одну из основных целей функционирования системы.

В работе [21] показано, что часто термин «развитие объекта» воспринимается как положительный процесс, тогда как фактически развитие объекта может быть положительным (расширенное воспроизводство) и

отрицательным (суженное), поэтому необходимо исследовать в отдельности процессы воспроизводства технологической, социальной, экологической и экономической подсистем, которое может быть суженным, простым и расширенным применительно к каждой подсистеме.

Наше исследование посвящено *технологической подсистеме*, в которой воспроизводство связано с воспроизводством ее производственного потенциала (кадры работников, материально-техническая база, производственно-социальная инфраструктура) и результатов системы «производство» (продукция, работа, услуги).

Для практической оценки уровня воспроизводства технологической подсистемы должны рассматриваться следующие показатели:

материальные ресурсы:

- среднестатистическое количество сельскохозяйственных тракторов в парке $N_{\text{ТП}}$;

- изменение среднестатистического количества сельскохозяйственных тракторов парка за 1 производственный цикл $\Delta N_{\text{ТП}}$.

земельные ресурсы:

- площадь пашни $S_{\text{п}}$;

- $\Delta \overline{S_{\text{п}}}$ изменение площади пашни за 1 производственный цикл;

- оптимальная технологическая тракторооснащенность $\tau_{\text{тех}}$;

- реальная технологическая тракторооснащенность, $\tau_{\text{р}}$.

трудовые ресурсы

- R – количество рабочих мест;

- ΔR – изменение количества рабочих мест за 1 производственный цикл.

При таком ресурсном подходе сложившееся положение с выбором критериев и методов оптимизации соответствует представленному в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Условия применения системно-воспроизводственного способа определения эффективности сельскохозяйственного производства

		ВИД ВОСПРОИЗВОДСТВА		
Используемые ресурсы	Признак	Расширенное	Простое	Суженное
		Значение признаков		
Тракторный парк	$\Delta N_{\text{ТП}}$ (количество)	$\Delta N_{\text{ТП}} \geq 0$		$\Delta N_{\text{м}} < 0$ $\Delta S_{\text{р}} < 0$ $\frac{\tau_{\text{р}}}{\tau_{\text{тех}}} < 0$ $\Delta R < 0$
		Площадь пашни	$S_{\text{п}} \geq 0$	
$\frac{\tau_{\text{р}}}{\tau_{\text{тех}}}$				
Количество рабочих мест	R	$\Delta R \geq 0$		
Вид развития		Положительное		Отрицательное
		Методика		
$\text{Эффективность} = \frac{\text{результат}}{\text{затраты}}$		Многочисленные варианты на основе ГОСТ 34393-2018		Отсутствует

Вопросы оптимального использования техники при расширенном и простом воспроизводстве рассматривались во многих работах таких известных ученых и исследователей как Р.Ш. Хабатов, Б.Д. Докин, Э.А. Финн, Б.И. Кашпура, В.И. Мининзон, Х.Г. Барам, О.К. Киртбая, А.Д. Мурашев, Ю.А. Конкин, С.Г. Стопалов, Г.Г. Косачев, А.П. Перерва, А.Л. Эйдис, Л.М. Пилюгин, О.К. Киртбая, И.П. Ксенович, О.Н. Дидманидзе, В.Г. Шевцов, Р.Т. Хакимов, К.Д. Хафизов, Е.В. Труфляк, С.И. Камбулов, Д.С. Гапич, И.Г. Галиев, А.Г. Левшин и других ученых.

В конце 50-х годов определилось два основных методических приема для расчета количественного и качественного составов машинно-тракторного парка (МТП) хозяйств:

- в первом намечается предварительный наиболее эффективный состав агрегатов, позволяющий выполнять работы с наименьшими затратами труда и материальных средств, исходя из объема и видов работ, уровня развития хозяйства и использования техники. Строятся графики загрузки по каждому типу тракторов. Потребное количество тракторов (по маркам) определяется по периоду наибольшего напряжения. Все расчеты при этом сопровождаются

определением прямых затрат на единицу работы и на весь объем работ. Достоинство метода в том, что до сих пор графики машиноиспользования могут служить методической основой создания автоматизированных методик с применением вычислительных машин;

- второй предполагает вначале определение необходимой хозяйству общей (суммарной) мощности тракторного парка, а затем подбор наиболее эффективных для данных условий типов тракторов существующих марок.

В настоящее время на практике применяется несколько способов определения потребности и планирования работы сельскохозяйственной техники. К числу существующих методов относятся способы определения состава и плана работы парка, основанные на использовании условных измерителей объема выполняемых работ, условных единиц мощности энергомашин, построения графиков машиноиспользования.

В 60-70-х годах наблюдалось интенсивное развитие экономико-математических методов определения оптимальных параметров мобильных агрегатов и состава машинно-тракторного парка, сопровождавшееся созданием соответствующего программного обеспечения для ЭВМ. Однако, наиболее мощные программные комплексы были созданы для вычислительных машин серии ЕС ЭВМ, которые вскоре были сняты с производства, а к 1980 году их эксплуатация прекратилась.

В методике, разработанной СибИМЭ [22], предусмотрено три возможных варианта постановки задачи: выбор парка, пополнение парка и распределение имеющегося парка машин по видам работ. Задача выбора парка, решалась методами линейного программирования. Линейная модель позволяет выразить зависимость между большим числом параметров, влияющих на потребность в сельскохозяйственной технике, а также достаточно полно учитывать ресурсы и условия хозяйства. Критерием оптимизации в модели являлся минимум приведенных затрат.

Методика Омского СХИ [23] достаточно полно освещает вопросы сбора исходной информации, создания постоянного нормативного фонда и

нормирования матрицы задания для последующего решения на ЭВМ. Функция цели представляет собой минимум приведенных затрат и имеет линейный вид.

Задача решается по программам, реализующим итерационный метод или мультипликативный алгоритм симплекс-метода.

В этой методике не отражен ряд факторов, влияющих на работу МТП и в целом на определение оптимальной его структуры: коэффициент по погодным условиям, коэффициент сменности, ограниченное количество механизаторов в хозяйстве, возможные потери урожая при выполнении работ.

Мало чем от этой методики отличается математическая модель «Единой методики экономического обоснования оптимальной потребности в сельскохозяйственной технике» (для государственного планирования), ВНИЭСХ [24].

Заслуживает внимания методика определения оптимальной структуры МТП для отдельных специализированных подразделений без использования ЭВМ [25].

Одно из основных положений в теории линейного программирования, на основании которого разработан симплекс-метод, утверждает, что оптимальный план задачи линейного программирования должен быть опорным (базисным). Это предполагает выполнение каждой операции только одним агрегатом. Поэтому, при определении структуры МТП при помощи линейного программирования с использованием симплекс-метода, необходима «корректировка» решений на каждом этапе для получения лучшего распределения работ между агрегатами, как это делается в приведенных выше методиках.

Рассмотренные методики предусматривают критерий оптимизации – минимум приведенных затрат, но некоторые авторы методов определения оптимальной структуры МТП принимают другие критерии. Так, Э.Л. Финн и В.В. Шкурба в качестве критерия оптимальности принимают минимум

количества энергомашин, считая его идентичным минимуму прямых эксплуатационных затрат [26].

Однако не всегда прямые эксплуатационные издержки на единицу выполняемой работы у более производительных машин выше, чем у менее производительных. Поэтому использование более мощных агрегатов не обеспечивает минимума приведенных затрат на выполнение механизированных работ. Следовательно, этот критерий не обеспечивает оптимальность решения задачи.

Некоторые исследователи предлагают в качестве критерия оптимальности капитальные вложения. Недостатком этой функции цели является то, что в ней минимизируется только стоимость основных средств производства и не учитываются прямые эксплуатационные издержки.

При решении задачи прогнозирования оптимального состава МТП целесообразно предварительно для каждого процесса найти оптимальные параметры агрегатов, а затем, используя предварительный типаж машин в качестве исходного, и решая задачу определения оптимальной структуры МТП, установить оптимальный состав машин.

В МГАУ им. В.П. Горячкина разработана методика определения перспективного состава МТП с учетом ограничения по количеству механизаторов, приходящемуся на 100 га пашни, а также проведена сравнительная оценка по определению состава МТП с использованием критериев – минимум суммарных приведенных затрат и минимум машин. Результаты расчетов показали, что критерий оптимальности оказывает влияние на количественный и качественный состав тракторного парка.

Состав МТП, полученный по критерию минимума энергомашин [26], позволяет снизить затраты труда по сравнению с критерием суммарных приведенных затрат. Однако приведенные затраты в этом случае возрастают [27].

Выполнение запланированного объема работ составом оптимального парка, полученного по критерию приведенных затрат с учетом ограничения по

количеству механизаторов, снижает затраты труда за счет незначительного увеличения приведенных затрат в сравнении с парком машин, определенным через критерий приведенных затрат без ограничения по количеству механизаторов.

Уменьшение количества энергомашин сокращает потребное количество механизаторов, или при неизменном их количестве повышает коэффициент сменности, что способствует росту годовой загрузки и выработки тракторов.

Методика долгосрочного прогнозирования параметров агрегатов и состава МТП, разработанная в ВЦ Госплана УССР Хабатовым Р.Ш. [28], включает математическую модель, в которой отражается технико-экономическая эффективность применения различных агрегатов как функция ряда случайных и детерминированных величин. Функция цели описывается с помощью кусочно-линейной негладкой функции.

Основы методики расчета параметров МТА по критерию эффективности труда были рассмотрены в работе [29].

С точки зрения математического описания критерий максимума эффективности труда представляет сложную нелинейную зависимость вектора независимых переменных.

Как уже отмечалось, в условиях рыночной экономики не снимается вопрос об учёте общегосударственных интересов при выборе критерия оптимальности. Критерий оптимальности, учитывающий состояние специально-трудовой сферы села, был выдвинут нами в работе [30]. Его аналитическое выражение имеет вид

$$\mathcal{E}_m = \frac{Q - (\Pi_{\min} + \Delta\Pi_6)}{m_3 + m_6}, \quad (1.1)$$

где \mathcal{E}_m – доход от произведенной продукции, приходящийся на одного активного механизатора;

Q – стоимость общего объёма продукции, реализованного предприятием;

P_{\min} – минимальные приведенные затраты, определённые без ограничений по численности работников;

ΔP_6 – увеличение приведенных затрат на содержание безработных, переподготовку, подготовку, создание новых рабочих мест;

m_3 – количество занятых механизаторов;

m_6 – количество безработных механизаторов.

Предварительные расчёты на основании критерия (1.1), позволяют сделать выводы о том, что средняя мощность трактора в парке с учётом состояния социально-трудовой сферы в период кризиса для повышения трудовой занятости и сокращения затрат на содержание безработных должна быть меньше средней мощности трактора в парке в период устойчивого экономического развития.

Анализируя вышеперечисленные методики, необходимо отметить, что важнейшим показателем при их оценке является принятый критерий оптимальности, который по существу, предопределяет результаты решения задачи. В большинстве существующих методов использован критерий минимума суммарных приведенных затрат, которые включают текущие производственные затраты и определенную долю капиталовложений.

В современных условиях, вопрос о применении того или другого критерия оптимальности, требует обстоятельного дополнительного изучения с учетом состояния социально-трудовой сферы.

К сожалению, в конце 80-х годов исследования по оптимизации состава МТП почти прекратились (по крайней мере прекратились публикации на данную тему). Исключение представляли работы, проводимые в МСХА под руководством проф. Р.Ш. Хабатова [31].

Таким образом из вышеизложенного можно сделать вывод, что при определении оптимального состава МТП в условиях расширенного или простого воспроизводства применялся весьма широкий спектр методов оптимизации. Эти методы укрупнено можно разбить на две группы – линейные и нелинейные.

По физическому смыслу аргументы модели (количество агрегатов) должны быть целочисленными. Условие целочисленности значительно усложняет алгоритм расчета. Поэтому для применения методов целочисленного программирования должны быть достаточно веские основания. До настоящего времени, практических примеров, показывающих необходимость методов целочисленного программирования, найти не удалось.

При использовании методов линейного программирования (симплекс-метод, венгерский метод и др.) критерий оптимизации (целевая функция) и ограничения должны быть линейными относительно независимых переменных. Этим условиям отвечают следующие критерии оптимальности:

- минимум приведенных затрат;
- минимум прямых эксплуатационных затрат;
- максимум прибыли (с учетом потерь урожая, при проведении работ в неоптимальные сроки);
- минимум количества механизаторов;
- минимум энергозатрат (расход жидкого топлива);
- минимум энергомашин.

Методы нелинейного программирования, в частности градиентный метод Р.Ш. Хабатова, позволяет проводить оптимизацию параметров парка при произвольном виде критерия оптимизации.

Надо отметить, что на практике, наибольшая трудность в правильной интерпретации результатов представляет слишком большая продолжительность расчетного периода. Например, в программе АСФАТ-2 минимальная продолжительность расчетного периода составляет 5 дней [32].

Меньшую продолжительность расчетного периода имеют алгоритмы задач расчета оптимального плана использования МТП. Эти задачи решаются, исключительно симплекс-методом и минимальная продолжительность периода составляет 1 день, что вполне приемлемо для получения адекватных результатов.

Однако можно показать, что при нынешнем уровне развития сельского хозяйства правильно определить рациональный состав и план работы машин существующими и, в частности, перечисленными методами невозможно. Несовершенство до сих пор еще применяемых способов заключается в том, что ими нельзя учесть все факторы, влияющие на экономику парка, получить и обработать огромное количество данных, от которых может зависеть эффективность применяемых средств механизации.

Феномен отрицательного процесса развития сельского хозяйства, при так называемом «суженном» воспроизводстве, как нежелательный случай, без раскрытия его природы упомянут в методических рекомендациях Минсельхоза РФ [21]. Там же констатируется, что при суженном воспроизводстве одного из элементов сельского хозяйства продуктивность других его составляющих по системному принципу (закон ограничивающего фактора (закон минимума) сформулирован Ю. Либихом в 1840 г.) будет опущена до этого же уровня.

«Эффект производства определяется сбалансированной величиной факторов производства по фактору, находящемуся в минимуме, который определяет величину производственного потенциала организации. В этом случае другие факторы, не задействованы в процессе производства, «не работают». Увеличение несбалансированных с другими факторами производства затрат и средств производства отражает нерациональное наращивание и соответственно использование ресурсов. Эффективное использование ресурсов обеспечивается на основе их *технологической сбалансированности* (технологической интенсификации), отражающей существо системного подхода. Следовательно, *технологическая интенсификация* – это не вообще увеличение ресурсов производства, даже отражающих научно-технический, инновационный прогресс, а мероприятия, связанные с ликвидацией узкого места, действительным, а не мнимым совершенствованием процесса производства».

В соответствии с описанным выше принципом технологической сбалансированности для действительного, а не мнимого совершенствования процесса сельскохозяйственного производства с выходом его эффективности на уровень расширенного, в первую очередь, необходимо ликвидировать это узкое место, которое сегодня в соответствии с [21] определяет общий уровень эффективности сельскохозяйственного производства. Недостаток тракторов вызывает нарушение оптимальных агросроков выполнения технологических операций, нарушение севооборотов и сокращение технологий, обуславливающие агрономические потери и недобор продукции.

При этом действующие методики оценки эффективности сельскохозяйственного производства [6, 19, 21], из-за отсутствия соответствующих амортизационных и агротехнических нормативных данных, не позволяют в стоимостном виде оценить как невоспроизведенные ресурсы, так и агрономические потери и показать весь масштаб убыточности сельхозпроизводства.

Таким образом при выделении фактически трех типов воспроизводства – расширенном, простом и суженном, методика определения эффективности сельскохозяйственного производства в настоящее время определена формулой определения совокупных затрат [33], которая относится только к расширенному и простому воспроизводствам, т.е. положительному процессу развития, не содержит конкретных признаков суженного производства и не позволяет определить эффективность сельскохозяйственного производства при суженном воспроизводстве и отрицательном процессе развития.

Однако состояние сельскохозяйственного производства в России в течение 30 лет характеризуется ежегодной продуктивностью ниже способности воспроизводства используемых ресурсов, причем первичным в цепи сокращения стоит тракторный парк, когда за каждым выбывшим трактором сокращались до 6,4 рабочих мест и 48 га пашни. Общие потери к 2020 г. составили – 1 млн тракторов, 6,4 млн рабочих мест и 40 млн га пашни.

Одновременно в виде убытков и недобора продукции стал проявляться технологический дисбаланс, связанный со снижением тракторососнащенности относительно технологически требуемого уровня 10 тр./1000 га пашни, которая в настоящее время опустилась до уровня 3,5 тр./1000 га пашни.

При завершении аналитического обзора методов оценки эффективности применения средств механизации и критериев оптимизации машинно-тракторного парка необходимо отметить, что оценка стоимости произведенной продукции, как и оценка бизнеса [33] в рыночных условиях может производиться на основании различных подходов.

Затратный подход связан с расчетом производственных затрат (S_c) (по ГОСТ 34393 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» [19]).

В случае доходного подхода должна учитываться перенесенная стоимость ресурсов.

При сравнительном подходе рассматривается аналог с известной стоимостью.

Рассмотренные выше методы и критерии базируются на затратном подходе и не учитывают процессы невосстановления тракторного парка площади пашни и количества рабочих мест. В связи с этим представляется актуальным разработка новых методов и критериев оптимизации парка тракторов на основе доходного подхода.

Разработка указанного метода выполнена автором и представлена в диссертационной работе: «Оптимизация количественно-возрастного состава тракторного парка хозяйства как системы с ограниченными ресурсами» [34].

В этой работе показано, что в сложившихся условиях невосстанавливаемых ресурсов в АПК разработка методики оптимизации количества тракторов в парке должна осуществляться по новому критерию, учитывающему ограниченность ресурсов и связанные с этим агрономические потери. В качестве такого критерия рассмотрен минимум совокупных затрат и потерь, в условиях дефицита техники и эксплуатации тракторного парка за

сроком амортизации, а также потерянной выгоды, связанной с сокращением тракторного парка, пашни и трудового потенциала. Данная методика была апробирована на примере РФ [34] и хозяйства [35].

Для достижения указанной во Введении цели поставлены следующие задачи диссертационного исследования:

1. Предложить методологию развития системы мобильных энергетических средств как четырехуровневой технической системы, являющейся базовым ресурсом механизированного сельскохозяйственного производства.

2. Разработать технологическое направление развития сельскохозяйственных мобильных энергетических средств, обеспечивающее повышение энергоэффективности и экологической безопасности в полном жизненном цикле и обосновать параметры перспективных сельскохозяйственных тракторов. Разработать современное дополнение к теории трактора и технические решения, направленные на повышение энергоэффективности и экологической безопасности.

3. Разработать двухпараметрическую классификацию типажа сельскохозяйственных тракторов, согласованную с европейскими стандартами.

4. Разработать методику определения технологической потребности в сельскохозяйственных тракторах с учетом прогнозируемых целевых показателей.

5. Исследовать закономерности влияния показателей тракторов в парке на показатели сельскохозяйственного производства и разработать методику оптимизации количественно-возрастного состава тракторного парка сельскохозяйственной организации в условиях ограниченности ресурсов.

6. Оценить экономическую эффективность реализации предложенных направлений развития системы сельскохозяйственных мобильных энергетических средств.

2 МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КАК ЧЕТЫРЕХУРОВНЕВОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

2.1 Четыре уровня системы мобильных энергетических средств: трактор, типаж, технологическая потребность, реальный парк

С научной точки зрения каждая техническая система, выполняющая производственные задачи, для повышения ее эффективности на основе раскрытия внутренних связей должна рассматриваться как состоящая из рабочих элементов, имеющих обоснованные диапазоны изменения технических и технологических характеристик, количественно и качественно связанных с условиями и объемами потенциального и реального производства.

В соответствии с данным предложением система мобильных энергетических средств предлагается рассматривать состоящим из органически связанных (составляющих единый организм со своими законами развития) технических субъектов-тракторов, параметры которых изменяются в определенных технологическими функциями (операциями) в пределах, позволяющих определить потенциальную научно-обоснованную оптимальную количественную структуру парка, которая должна сравниваться с его реальным состоянием [36].

В отношении тракторного парка данное методологическое положение проиллюстрировано на рисунке 2.1, где зафиксированы следующие положения.

Трактор сельскохозяйственный – как объект исследования, это колесная или гусеничная самоходная машина, которая в агрегате с прицепными, навесными, полунавесными машинами (как с пассивными, так и с активными рабочими органами) и стационарным оборудованием выполняет сельскохозяйственные и транспортные работы.

Совершенствование конструкции сельскохозяйственного трактора идет по пути улучшения его тягово-сцепных качеств и в направлении развития функции мобильного энергоносителя. Все более реальными становятся

перспективы расширяющегося применения сельскохозяйственного трактора в качестве мобильного источника энергии и эволюционного перехода от тяговой к тягово-энергетической концепции трактора.

В этом случае находит применение другой термин: мобильное энергетическое средство – сельскохозяйственный трактор, реализующий часть мощности двигателя на привод активных рабочих органов или третьего (подкатного) активного моста.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ			
<i>Трактор сельскохозяйственный</i>	<i>Типаж сельскохозяйственных тракторов</i>	<i>Технологическая потребность</i>	<i>Реальный парк</i>
ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ			
<i>Способность выполнения функциональных задач: - теория трактора; - технический уровень; - технологический уровень</i>	<i>Требования к совокупности моделей тракторов</i>	<i>Удельная количественно-энергетическая достаточность</i>	<i>Показатели оценки фактического состояния</i>
ФОРМА РЕАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ			
<i>Новое теоретическое положение. Трактор в полном жизненном цикле. Исходные требования. Опытный образец. Математическая модель трактора</i>	<i>Система технологий и машин</i>	<i>Методика прогнозирования. Прогноз развития</i>	<i>Научно-методологические основы. Мониторинг дефицитности техники. Методика оптимизации. Программа развития</i>

Рисунок 2.1 – Методологические предпосылки исследования развития тракторного парка, как технической системы

Для трактора сельскохозяйственного предметом исследований является способность выполнения функциональных задач, которая научно представлена теорией трактора [37-40], а на практике реализуется через технические и технологические уровни трактора.

Развитие теории трактора на современном этапе необходимо связывать с концепцией непрерывной информационной поддержки полного жизненного цикла (CALS-технологии) трактора [41].

В отношении технического уровня необходимо рассматривать все научные проблемы, которые связаны с конструктивными решениями, обеспечивающими достижение новых потребительских качеств. Сегодня к таким поисковым направлениям можно отнести разработку экологически безопасной гибридной моторно-трансмиссионной установки. Задачи по повышению технического уровня решаются на уровне опытных образцов и в отношении к общим проблемам механизации, должны рассматриваться как имеющие частное значение.

Следует учитывать, что повышение технического уровня, представленное в виде выставочного образца, в условиях рыночной экономики далеко не всегда реализуется на уровне реального парка. При этом необходимо представлять, что на уровне трактора мы оцениваем производительность машинно-тракторного агрегата, а на уровне тракторного парка – производительность труда в отрасли.

На уровне трактора в настоящее время возникли задачи описания технического субъекта с пониженным техническим уровнем в связи с его использованием сверх срока амортизации, а также разработки моделей эконом-класса (бюджетная модель), для которых соревнование по техническому уровню следует направить по минимизации отношения цены к качеству.

Типаж сельскохозяйственных тракторов – совокупность классифицированных моделей (основных и модификаций), составленная на основе оптимизационных технико-экономических расчетов и изучения спроса потребителей, исходя из необходимости выполнения всего комплекса тракторных работ.

В рыночных условиях типаж предназначен для установления единых требований к типоразмерным рядам и основным техническим и

технологическим параметрам сельскохозяйственных тракторов и мобильных энергетических средств, производство которых промышленностью и приобретение сельскохозяйственными товаропроизводителями может осуществляться с мерами государственной поддержки.

При разработке типажа решаются научные проблемы, связанные с обоснованием типоразмерных рядов тракторов и границами их изменения. Итоговым документом должна являться Система машин, которая также как и отдельный опытный образец супер-трактора, является необходимой, но не достаточной частью механизации сельскохозяйственного производства.

Технологическая потребность является следующим этапом развития тракторного парка, научные проблемы, при обосновании которой связаны с определением на основе удельных характеристик потенциально необходимого количественно-качественного состава тракторного парка. В этом случае должны быть совмещены требования социального заказа по объему производства, условиям использования и производственно-энергетические характеристики тракторов, представленных в типаже. На этом этапе выходными результатами являются методика прогнозирования и прогноз развития отрасли, как высшая форма завершения работы научной организации, суммирующая все знания о предмете.

Парк – главная составляющая механизации, в которой трактор, типаж и технологическая потребность превращаются в ресурс. В качестве формы реализации рассматривается реальный количественно-возрастной помарочный состав сельскохозяйственных тракторов в России с оценкой его дефицитности.

Научная фундаментальная проблема заключается в раскрытии внутренних закономерностей механизированного сельскохозяйственного производства, связанных с взаимодействием таких потоков материальных ресурсов как тракторный парк, пашня и трудовой потенциал в условиях продуктивности производства ниже способности простого воспроизводства ресурсов в годовом цикле.

В настоящее время достигнутая высокая производительность агрегатов, на основе большой единичной мощности тракторов, в агрохолдингах, сопровождается большим объемом ручного труда в личных подсобных хозяйствах, что приводит к низким отраслевым показателям по производительности труда. Отсюда следует, что приоритетной задачей должно являться не дальнейшее повышение единичной мощности тракторов, но изыскание таких технических решений, которые бы могли быть отнесены к эконом-классу и позволили бы восстановить парк при низкой платежеспособности сельхозпроизводителей.

Мониторинг дефицитности тракторного парка, показанный как результат, основан на сравнении реального состояния парка с технологической потребностью.

В предлагаемом варианте методологии мониторинг состояния должен опираться на бухгалтерские и данные автоматизированного учета и иметь качества перекрестного анализа (обработанная площадь, расход топлива, трудозатраты, затраты на ТО и ремонт). Мониторинг должен стать информационной основой для обоснования объемов, адресов и способов государственной поддержки, а также оценки ее эффективности.

Общая методология исследования представленных на рисунке 2.1 уровней развития тракторного парка должна включать теоретические и экспериментальные исследования, которые на современном этапе должны охватить следующие направления:

1. Трактор в полном жизненном цикле:

- тенденции развития технического уровня;
- проектирование для экологии;
- совмещение функций рабочего органа и движителя;
- блочно-модульное построение;
- описание характеристик двигателя, трансмиссии, движителя;
- стендовые испытания.

2. Типаж:

- двухпараметрическая классификация;
- согласование с CODE 2;
- алгоритм пересчета;
- основные технические требования;
- комплексы машин;
- полигонные испытания (МИС).

3. Технологическая потребность:

- влияние технического уровня на производительность;
- нормативы;
- национальные задачи;
- роль механизации;
- интенсивность технологий;
- модельное хозяйство.

4. Реальный парк:

- технологии различного целевого уровня;
- использование комбинированных машин;
- ограниченность ресурсов;
- закономерности взаимодействия ресурсов при переносе своей стоимости на продукцию;
- ресурсные характеристики;
- дефицитность;
- среднестатистический парк.

Перспективные направления развития тракторного парка как базового ресурса механизированного сельхозпроизводства являются результатом раскрытия приведенных элементов по четырем уровням и должны содержать:

- исходные требования;
- базы данных;
- программы для ЭВМ;
- прогноз;
- концепции;
- систему машин;
- учебники, монографии;

Рекомендации Федеральным органам по технической политике в данной работе предусматриваются как результативная часть, имеющая экономический эффект. В настоящее время этот эффект должен быть связан с повышением точности прогнозов развития механизированного

сельхозпроизводства и повышением эффективности государственной поддержки сельского хозяйства.

Государственная поддержка вписывается в предлагаемую методологию как замыкающее звено в виде материальной базы для продвижения в народное хозяйство научно-технических достижений на четырех уровнях: трактор, типаж, технологическая потребность и реальный парк.

Существенным моментом предлагаемой методологии исследования развития тракторного парка является изучение и разработка рекомендаций по формированию механизма государственной поддержки механизированного сельскохозяйственного производства с учетом стоимости и амортизационных характеристик тракторного парка, пашни и трудового потенциала.

Предложенная многоступенчатая структура исследования тракторного парка позволяет наглядно представить, что задачи механизированного сельхозпроизводства только начинаются с создания опытных образцов. Достигнутые на этом уровне успехи, зафиксированные патентами и выставочными наградами, позволяют говорить о производительности агрегата в условиях полигона, но не о производительности труда в отрасли. Направления исследований на уровне трактора в данной схеме должны ранжироваться на основании потребностей реального состояния тракторного парка.

Характерной особенностью сложившегося существенно деформированного процесса воспроизводства сельскохозяйственной техники является ее дефицитность, которая в производстве проявляется в виде нарушения агротехнических сроков работы и других признаков грамотного агрономического ведения хозяйства. В связи с этим предлагается следующее уточненное определение.

Машинная технология производства продукции растениеводства – совокупность, вписанных в соответствующий севооборот, согласованных во времени, агротехнических и организационных приемов, способов получения конечной сельскохозяйственной продукции с заданными требованиями по

количеству, качеству и ресурсоемкости, выполненных машинными комплексами и стационарными машинами различного назначения.

В предложенном определении машинной технологии выделенным текстом отмечены принципы оценки влияния дефицитности ресурсных характеристик технических средств (как парковых структур) на сокращение потерь в технологии, которые связаны с нарушением совокупности операций (сокращение технологии), нарушением агросроков их выполнения и отклонением от севооборотов, а также потребует учета циклового сокращения невозстановленных ресурсов.

2.2 Механизированное сельскохозяйственное производство как единая ресурсопроводящая система

Исходя из определения ресурса как средства производства, переносящего в производственном цикле свою стоимость на продукцию для раскрытия зависимостей взаимодействия используемых видов ресурсов, предлагается рассматривать их следующие характеристики (таблица 2.1).

При рассмотрении взаимодействия указанных в таблице 2.1 видов ресурсов в единой системе производства сельскохозяйственной продукции необходимо совокупные затраты представить состоящими из затрат, связанных с использованием тракторов до срока и сверх срока амортизации (рисунок 2.2), включая потерянную выгоду в виде невозстановленных ресурсов [42].

Таблица 2.1 – Ресурсная характеристика механизированного сельхозпроизводства

Наименование ресурса	Ресурсные показатели
<i>Зональные почвенно-климатические условия</i>	Естественное плодородие, коэффициент климатического влияния, глобальные изменения климата (засуха, переувлажнение)
<i>Агрономическая культура</i>	Прирост урожайности вследствие применения: средств механизации; удобрений и средств химизации; семян высоких репродукций; севооборотов и агротехнологий
<i>Организационно-хозяйственные условия</i>	Размер полевых участков, цель производства
<i>Парк тракторов</i>	Количество, возраст, количество тракторов за сроком амортизации, средняя мощность, технический уровень, стоимость 1 трактора, амортизация, тракторосооруженность, нормативная потребность, дефицитность, машинообеспеченность (шлейф), производительность труда, зависимость технических характеристик трактора от возраста, влияние на способность саморазвития системы (мультипликативный эффект), уровень господдержки
<i>Пашня</i>	Площадь, размеры полей, внесение удобрений и средств химизации, стоимость 1 га, амортизация, энергооснащенность, тракторосооруженность, уровень техногенного воздействия, уровень господдержки
<i>Трудовой потенциал</i>	Количество занятых работников, количество экономических рабочих мест, квалификация, уровень соцобеспеченности, стоимость 1 рабочего места, производительность труда, тракторосооруженность, уровень господдержки

Перечисленные ресурсные характеристики претендуют на примерное описание используемых в сельскохозяйственном производстве ресурсов. Возможно их дальнейшее развитие с выходом на такой показатель, как фондовооруженность, однако в представленном виде предлагаемая совокупность ресурсных характеристик соответствует поставленной цели исследования.

Совмещая принцип представления системы мобильных энергетических средств как четырехуровневой системы со схемой единой ресурсопроводящей системы механизированного производства, получим структурную схему

методологии исследования развития системы мобильных энергетических средств, представленную на рисунке 2.3 [42].



Рисунок 2.2 – Механизированное сельскохозяйственное производство как единая ресурсопроводящая система и ее основные характеристики

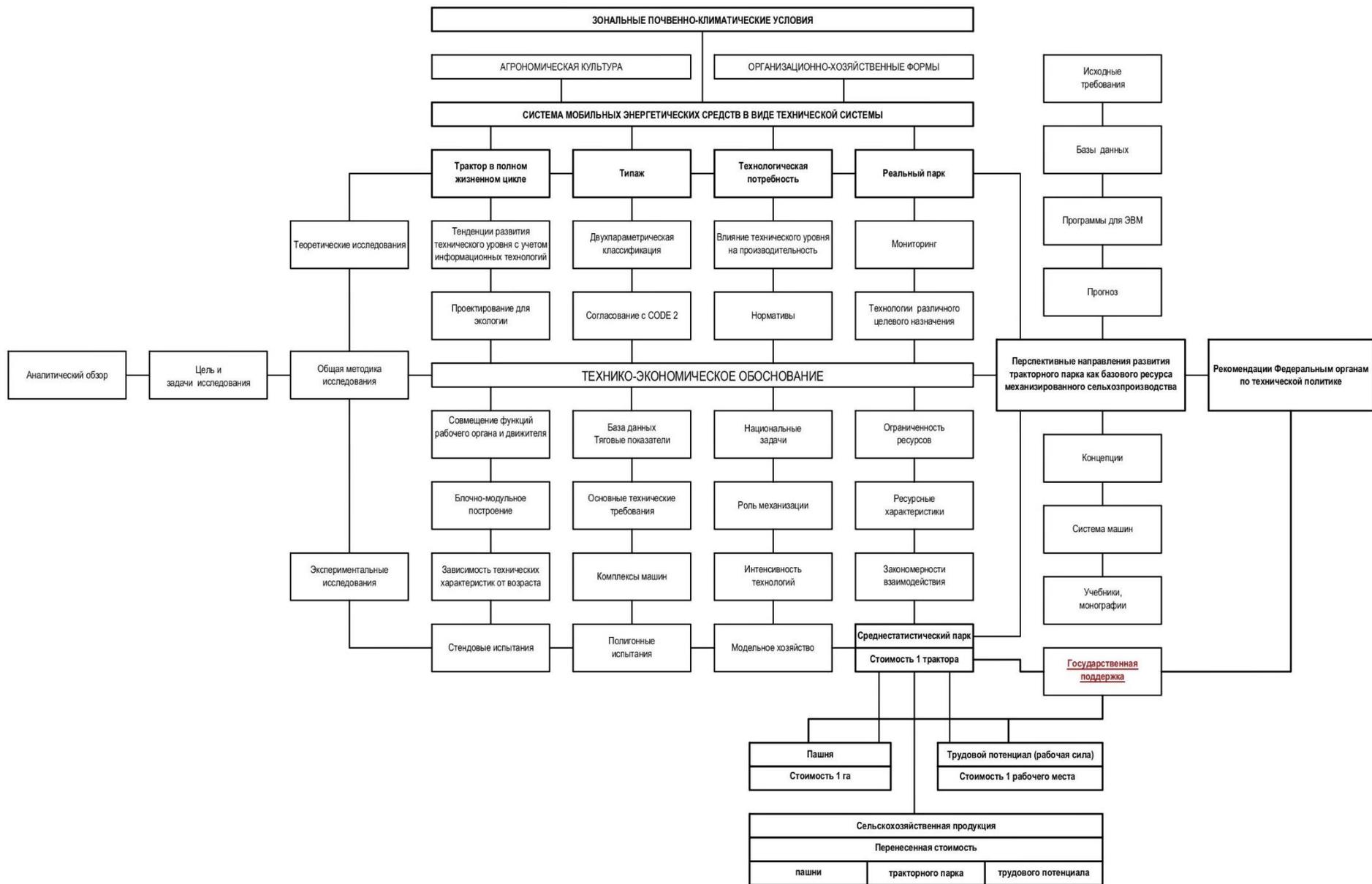


Рисунок 2.3 – Структурная схема методологии исследования развития системы мобильных энергетических средств в виде четырехуровневой технической системы

Выводы по главе 2

1. Для раскрытия внутренних связей механизированного сельхозпроизводства предложен ресурсный подход, учитывающий перенос и недовосстановление (невоспроизводство) стоимости таких ресурсов как тракторный парк, площадь пашни и трудовой потенциал.

2. В основу разработки Методологии исследования развития системы мобильных энергетических средств положен принцип четырехуровневой технической системы, включающей трактор, типаж тракторов, технологическую потребность и реальный парк.

3. Разработка Перспективных направлений развития тракторного парка как базового ресурса механизированного сельхозпроизводства направлена на повышение эффективности государственной поддержки развития сельского хозяйства России.

3 СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ТРАКТОР В ПОЛНОМ ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ

В соответствии с предложенной методологией исследования системы мобильных энергетических средств в данной главе представлены современные положения теории трактора, как материального объекта системы мобильной сельскохозяйственной техники, характеризующегося техническим уровнем, который выступает базой для формирования типажа сельскохозяйственных тракторов.

3.1 Классификация мобильной сельскохозяйственной техники

В настоящее время мобильная сельскохозяйственная техника для растениеводства может быть представлена состоящей из энергетических (снабженных бортовым источником энергии) и технологических средств (рисунок 3.1). Мобильные энергетические средства в свою очередь подразделяются на: универсальные, технологические и транспортные. Мобильные технологические энергетические средства состоят из самоходных комбайнов, жаток, косилок, т.е. имеют органически встроенные рабочие органы для выполнения, главным образом, уборочной операции. Мобильные транспортные энергетические средства имеют еще более узкую специализацию – это автомобили и погрузчики. И в технологических, и в транспортных средствах их энергетические начала скрываются за спецификой применения и называют их самоходными комбайнами, косилками или автомобилями и погрузчиками соответственно.

Таким образом, мобильные энергетические средства сегодня терминологически равноценны мобильным универсальным энергетическим средствам, к которым в общем случае применяется термин «тракторы».

Трактор (происходит от английского tractor – тягач) является органическим элементом машинно-тракторного агрегата, второй частью в который входит одна или несколько технологических машин. На основе одного

и того же трактора можно комплектовать агрегаты различного технологического назначения.

Отработка концепции трактора как тягово-энергетической машины, предназначенной для механизации работ в сельском хозяйстве взамен тяговой силы, была завершена в 20-е годы прошлого столетия. В соответствии с этой концепцией определились конструктивная схема трактора и ее основные составляющие: двигатель, трансмиссия, ходовая система, соединительные устройства для совместной работы с сельскохозяйственными машинами и орудиями. В дальнейшем трактор, как сложная система, функционирующая в широком диапазоне изменения условий, предназначенная для решения противоречивых задач, в значительной мере определяющая эффективность общественного производства, постоянно являлась и является в настоящее время объектом всесторонних исследований.

	ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ						
	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА			ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ			
Назначение	Универсальные	Технологические		Транспортные	Операционные		
Условия движения	<i>дорожно-полевые</i>			<i>дорожные</i>	<i>дорожные</i>	<i>полевые</i>	<i>дорожно-полевые</i>
Наименование	тракторы	самоходные: комбайны	спец. автомобили	автомобили	прицепы	почвообрабатывающие	прицепы
	самоходные шасси	жатки	тягачи	погрузчики	полуприцепы	посевные	полуприцепы
	модульные энергосредства тягово-приводной концепции	Косилки, опрыскиватели			и др.	уборочные и др.	Стоговозы, машины для внесения удобрений
	универсально-транспортно-технологические машины						

Рисунок 3.1 – Структура системы мобильной сельскохозяйственной техники для растениеводства

Результаты многолетних поисков могут быть обобщены, как научные основы создания мобильных энергетических средств.

Признанными основоположниками науки о тракторе являются профессор Е.Д. Львов (1888-1971 гг.) и профессор Д.К. Карельских (1887-1953 гг.). Значительным событием в превращении накопленных знаний в науку о тракторе стали отчеты о Всероссийских конкурсных испытаниях зарубежных тракторов, проведенных в 20-30^е годы прошлого века (с. Персияновка, Ростовской обл.), под руководством Д.К. Карельских, Я.И. Редькина и М.Х. Пигулевского.

В дальнейшем наука о тракторе развивалась в научно-исследовательских и учебных институтах, а с 60^х годов прошлого столетия и в конструкторских бюро тракторостроительных заводов. Исследования проводили две большие группы научных организаций – производители тракторов и заказчики. Ведущими организациями, координирующими программу работ в отрасли в масштабах СССР, были соответственно Государственный научно-исследовательский тракторный институт (НАТИ) и Всесоюзный НИИ механизации сельского хозяйства (ВИМ).

Чтобы представить уровень наукоемкости создания тракторов необходимо кратко охарактеризовать основные этапы совершенствования тракторов и привести сегодняшнюю структуру научных основ их создания [43].

3.2 Основные этапы совершенствования технологических свойств трактора

Начало эксплуатации тракторов характеризовалось тем, что традиционный инвентарь, используемый с живой тягловой силой, постепенно был заменен более широкозахватным и производительным при практически неизменных (3,5-5 км/ч) скоростях движения.

Применение пневматических шин вместо колес с металлическим ободом качественно изменило трактор. Он стал удобнее и универсальнее в эксплуатации по двум основным причинам: повысилась плавность хода, а,

следовательно, скорость движения, появилась возможность перемещаться по дорогам с твердым покрытием. Кроме того, вырос тяговый КПД. С применением пневматических шин начали выпускать тракторы с приводом на передние колеса.

Применение дизелей вместо карбюраторных двигателей обусловлено тем, что дизель обладает более высокими индикаторными показателями, поэтому удельный расход топлива у него значительно ниже, чем у карбюраторного двигателя. Характер зависимости удельного расхода топлива от нагрузки носит более пологий характер, что обеспечивает экономию топлива, примерно, на 30%.

Дизельное топливо значительно дешевле бензина, поскольку оно является более грубой фракцией перегонки нефти. В сочетании с меньшим расходом это существенно снижает стоимость сельскохозяйственных работ, выполняемых трактором с дизелем.

Снижение на 30% расхода топлива уменьшает транспортные издержки на доставку топлива в хозяйства, а также позволяет обходиться на одну треть меньшим объемом хранилища для топлива.

Важным преимуществом дизельного топлива являются его более высокие противопожарные свойства.

Установка на тракторах навесных гидрофицированных систем вместо прицепных устройств изменила систему машин, агрегируемых с тракторами, и многие приемы их эксплуатации. При этом существенно повысились все технологические показатели трактора, улучшилась маневренность МТА и уменьшилась ширина поворотной полосы. Применение гидравлических навесных устройств позволило исключить прицепщика и таким образом, снизить число механизаторов, работающих на МТА. За счет сочетания навесных устройств с автоматическими регуляторами глубины обработки почвы повышены топливная экономичность и агротехнические показатели работы агрегатов.

Увеличение ширины захвата и рабочей скорости МТА в зарубежном тракторостроении происходило эволюционно в связи с достаточно частой

заменой моделей тракторов и их глубокой модернизацией в процессе производства. В нашей стране рабочие скорости МТА были повышены в два этапа: вначале до 5-7 км/ч, а затем до 9-15 км/ч. В производство были внедрены энергонасыщенные тракторы МТЗ-80/82, Т-150, а также мощные и тяжелые колесные тракторы К-700 и Т-150К общего назначения необычной по тому времени конструктивной схемы с шарнирно-сочлененной рамой.

Новые тракторы потребовали применения новых с.-х. машин, агрегируемых с ними. По общему признанию, внедрение в с.-х. производство таких тракторов и машин привело к увеличению производительности МТА в 1,5-1,6 раза.

Применение комбинированных МТА, включающих несколько с.-х. машин разного назначения, позволило выполнять две-три операции за один проход. Появились машины различного назначения, в том числе почвообрабатывающие с активными рабочими органами. Примерно в этот период резко возросли нормы внесения в почву химических препаратов, стимулирующих рост культурных растений, и препаратов, угнетающих развитие вредителей и сорняков. Все эти изменения обусловили необходимость серьезных конструктивных доработок трактора: повышения нагрузочной способности колес без увеличения вредного их воздействия на почву; увеличения грузоподъемности задних навесных систем; введения передних навесных систем; применения двухскоростных ВОМ с различной схемой привода – синхронной (с задними ведущими колесами) и независимой. На некоторых тракторах стали предусматривать площадку для размещения емкостей с технологическим материалом.

Интенсификация кормопроизводства – заметный этап развития мобильных энергетических средств. Кормоуборочная техника характеризуется высоким уровнем энергопотребления. Применение ее требует непрерывного визуального контроля за технологическим процессом, поскольку трактор с навешенной машиной перемещается задним ходом. Энергетические средства, предназначенные для агрегатирования с уборочными машинами, должны быть

оснащены мощными двигателями (до 220 кВт и выше), иметь реверсивный пост управления и реверсивную трансмиссию, обладать запасом продольной устойчивости, а также иметь приподнятую кабину. ВОМ трактора должен быть рассчитан на длительную работу в нагрузочном режиме, соответствующем передаче через него полной мощности двигателя.

На всех этапах развития трактор рассматривался как составная часть машинно-тракторного агрегата, являющегося основным инструментом для реализации машинных технологий производства растениеводческой продукции. Существенным фактором является двойственная технологическая сущность функционирования трактора. Выступая инструментом реализации технологии, трактор имеет, с одной стороны, роль, подчиненную ее элементам, с другой в случае развития технических возможностей трактора позволяет возможность выполнять новые агротехнологические процессы, и выдвигаются дополнительные требования к другим элементам технологии.

3.3 Сложившаяся структура научных основ создания мобильных энергетических средств

Приведенные выше сведения о пути развития сельскохозяйственных тракторов показывают, насколько широкомасштабны должны были быть исследования и основательны результаты для того, чтобы обеспечить сегодняшний уровень развития системы тракторов.

Современное состояние и ретроспективные сведения о развитии тракторной науки наиболее полно изложены в работах [44-52]. В качестве обобщающей иллюстрации многоплановости научных основ создания мобильных энергетических средств можно привести примерную структуру сложившихся научных основ создания мобильных энергетических средств, состоящую из 12 разделов:

1. Работа движителей.
2. Тяговый класс.
3. Тяговая динамика.

4. Устойчивость и управляемость.
5. Технологические свойства.
6. Проектирование и конструирование.
7. Агрегатирование и соединительные устройства.
8. Повышение рабочих скоростей МТА.
9. Методы исследований.
10. Техническая эксплуатация.
11. Трактор в полном жизненном цикле.
12. Работа тракторного двигателя.

В свою очередь эти 12 разделов включают 52 направления, представленных на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Основные направления формирования научных основ создания мобильных энергетических средств

За каждой из приведенных ячеек, составляющих общую матрицу структуры, стоят коллективы специалистов и годы исследований, поисков, открытий и болезненных корректировок.

Теория трактора – одна из дисциплин, изучающих эксплуатационные качества машин. Ее задачи: выбор и характеристика важнейших эксплуатационных качеств, использования влияния, оказываемого на них различными конструктивными и эксплуатационными факторами, обоснование измерений, позволяющих объективно оценить эксплуатационные качества, разработка методов определения этих измерителей. В конечном счете, задача теории трактора заключается в создании научных основ для дальнейшего совершенствования конструкции и повышения эффективности их использования. Существующая теория трактора нуждается в совершенствовании с учетом ряда новых требований.

3.4 Технологическое направление развития сельскохозяйственных мобильных энергетических средств

На мировом рынке в условиях критического состояния тракторного парка РФ и глобальных мировых проблем ресурсосбережения и загрязнения окружающей среды предлагается рассмотреть пределы уменьшения удельных топливно-энергетических затрат на производство единицы продукции. Методической особенностью должно быть обоснование уменьшения конструкционной массы трактора и расхода топлива, а также повышения сменной производительности машинно-тракторных агрегатов [53, 54].

Выбор перспективного приоритетного технологического направления должен быть подчинен идее: создание нового направления – снижение массы как идеологию повышения энергетической эффективности и обеспечения экологической безопасности на основе фундаментальных исследований и новых результатах по созданию высокопрочных рам и набора (системы) наукоемких элементов таких как: двигатель, трансмиссия, колесно-гусеничный движитель, пост управления, навесная система, отвечающих

самым высоким требованиям по массе, КПД, экологической безопасности и способных обеспечить производство сборочного типа полного технологически необходимого типажа мобильных энергетических средств, конкурентоспособных на мировом уровне [55, 56, 42].

Исходя из предложенного определения технологического направления, новизна предлагаемого технологического направления представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технологическое направление развития мобильных энергетических средств

Технологическое направление	Определяющие конструктивные решения	Эксплуатационные результаты
Повышение энергоэффективности трактора в полном жизненном цикле за счет уменьшения конструкционной массы, расхода топлива и повышения производительности.	<ul style="list-style-type: none"> - концепция создания высокоэффективных узлов и агрегатов – пониженная масса (до 30%) и расход топлива, высокая износостойкость и прочность (в 1,5-2.0 раза) и др.; - многофункциональность, универсальность и унификация конструкции машины в целом; - высокоэффективные энергоустановки (ДВС, ГТУ, АКБ, топливные элементы, накопители и т.д); - оптимизация элементов конструкции и режимов работы; - ходовые системы с пониженным воздействием на почву и растительный покров, а также с высокими тягово-сцепными свойствами 	Снижение полной удельной энергоемкости выполнения единицы полезной работы в 1,4-1,6 раза, экологическая безопасность, конкурентоспособность, тракторный парк 900 тыс. тр. для 90 млн га пашни.

Предлагаемое новое технологическое направление «Повышение энергоэффективности трактора в его полном жизненном цикле» должно рассматриваться и решаться совместно с общей цифровизацией сельского хозяйства. Трактор должен рассматриваться как объект цифровизации [57].

Понимание целей, задач и эффективности цифровизации сельского хозяйства, станет более четким при его соотнесении с «Концепцией непрерывной информационной поддержки жизненного цикла (информационные – технологии) сельскохозяйственных мобильных энергетических средств [41].

При рассмотрении МЭС в процессе полного жизненного цикла возникает необходимость сквозного информационного сопровождения на всех стадиях существования. Эту задачу решают CALS-технологии, в основу которых было положено единообразие представления информации о конструкции изделий, их характеристиках, технологической оснастке, технологии производства, эксплуатации, технологии обслуживания, ремонта и утилизации.

Существенной особенностью использования CALS-технологий для МЭС является обеспечение параллельного развития физических объектов (МЭС, МТА, МТП) и их интеллектуальных составляющих в виде «виртуальных» аналогов (математических моделей МЭС, МТА, МТП), позволяющих оптимизировать параметры и режимы работы, начиная с этапов разработки концепции и исходных требований, до компьютеризированного мониторинга машинно-тракторного парка (рисунок 3.3) [55].

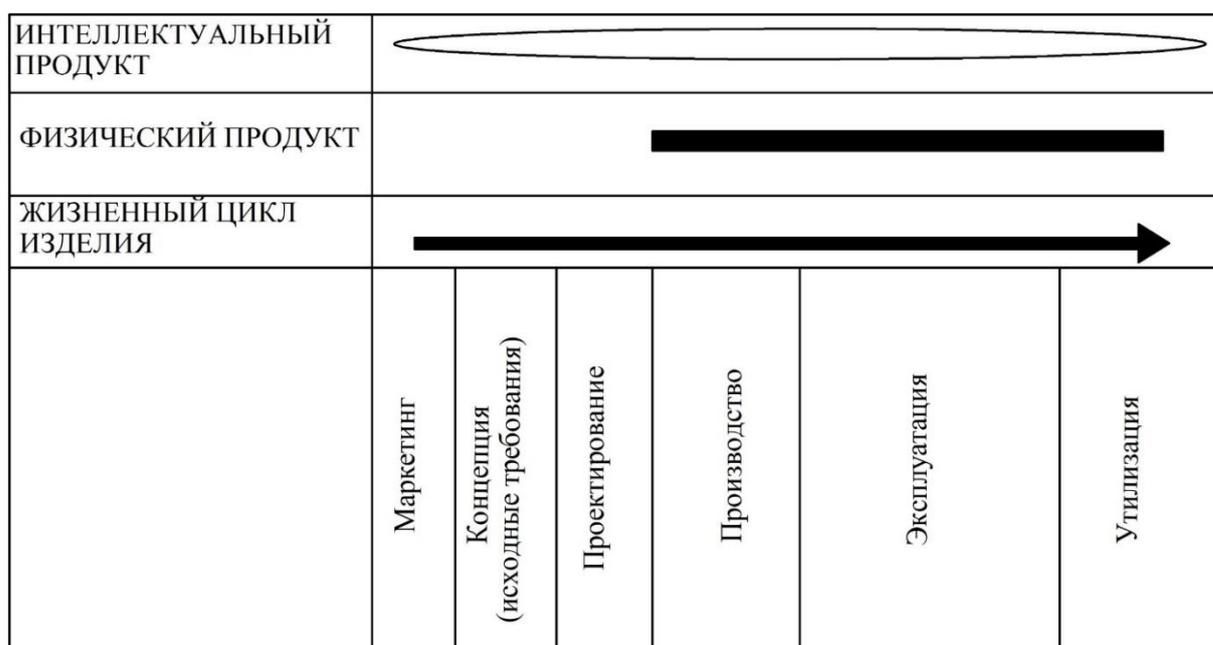


Рисунок 3.3 – Структура концепции CALS

Основные цели CALS-технологии – обеспечение экологической безопасности и снижение затрат на единицу полезной работы в полном жизненном цикле.

Основные принципы представленной Концепции заключаются в рассмотрении всех этапов полного жизненного цикла (ПЖЦ) всех изделий в едином информационном пространстве (ЕИП) с параллельным созданием отраслевой технологией физического продукта и информационной технологией – интеллектуального продукта (рисунок 3.4) [55].

Концепция CALS-технологии может быть реализована в следующих формах:

Блочно-модульное построение – конструктивная основа, позволяющая создавать различные модификации техники на унифицированной базе за счет использования отдельных компонентов, выполненных законченными как в монтажном, так и функциональном отношении.

Элементная база – создание и применение наукоемких, экологически безопасных компонентов общемашиностроительного применения.

Проектирование для экологии обеспечивает учет экологических требований: снижение материалоемкости, возможность рециклинга, отсутствие опасных веществ, снижение воздействия на окружающую среду.

Создание электронного описания – формирование полного цифрового двойника, включающего 3D модели, технические характеристики, эксплуатационную документация, правила утилизации. Информационная интеграция – обеспечение связи между автоматизированными системами управления.

Организация безбумажного документооборота – переход к электронному обмену конструкторской, технологической и эксплуатационной документацией.

Компьютеризированный мониторинг – система наблюдения за состоянием как отдельных машин, так и парка в целом.

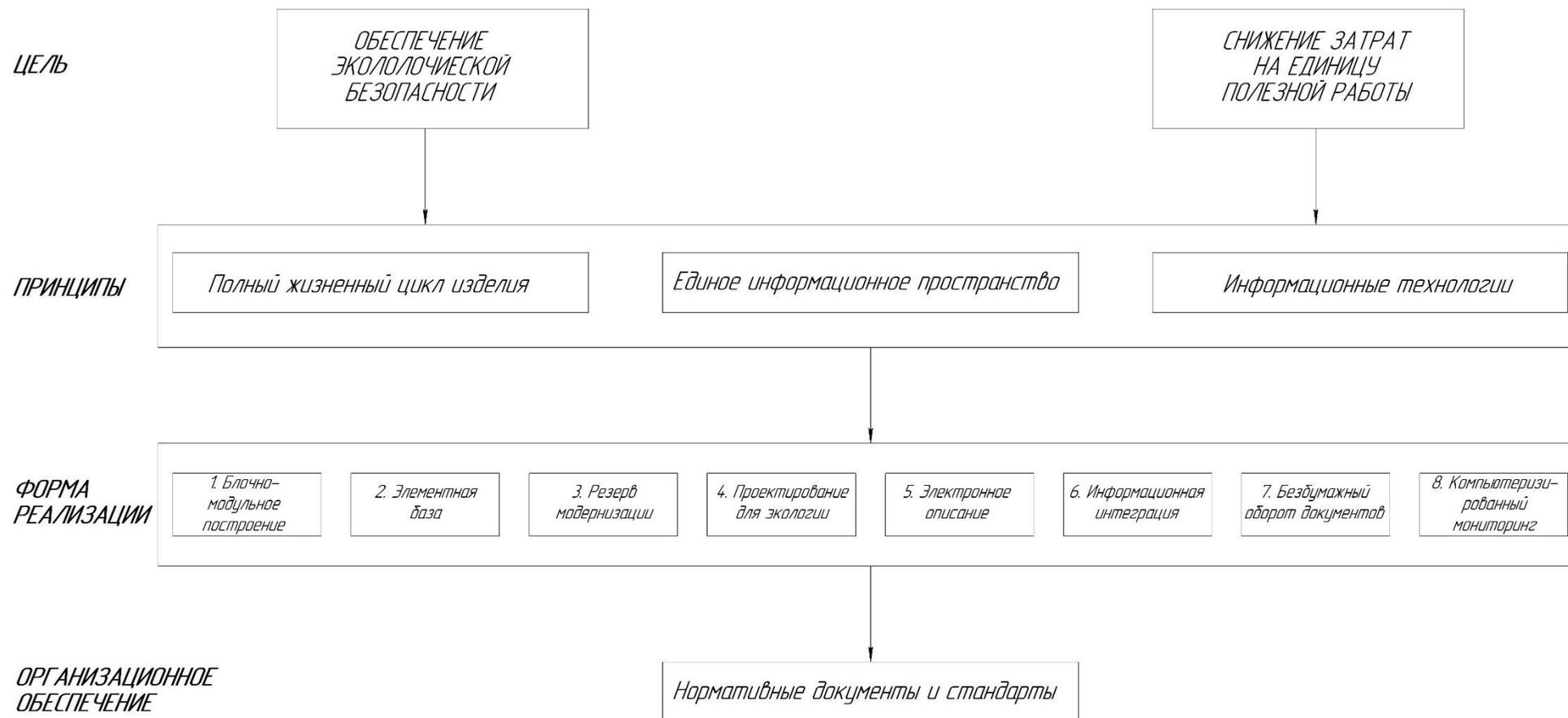


Рисунок 3.4 – Структура концепции непрерывной информационной поддержки (CALS-технологии) сельскохозяйственных энергетических средств

Для реализация представленных принципов необходима разработка и применение гармонизированных нормативных документов и стандартов.

В настоящее время принципы единого информационного пространства и компьютерного моделирования CALS-технологий наполнились новыми техническими возможностями в применении средств глобального позиционирования, технического зрения и других элементов, позволяющих говорить об автоматизированной компьютерной выработке и технической реализации оптимальных управленческих решений, что и было положено в идейное существо цифровизации экономики, включая сельское хозяйство.

Выделение технической части цифровизации должно подкрепляться развитием «научно-практическими знаниями» по созданию электронных моделей МЭС [55].

Электронная модель – модель объекта, представленная в виде электронного документа, описывающего составные элементы этого объекта в виде математического описания, критерия оптимизации, алгоритма оптимизации, программно-компьютерного обеспечения, технических устройств при электронном описании его конструкции (структурной схемы), позволяющего путем подачи на модель электронную об изменениях выходных величин моделировать возможные состояния объекта и вносить изменения в его характеристики (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Структура информационной модели МЭС

Элемент	Задачи цифровой трансформации					
	Математическое описание процесса функционирования	Критерий оптимизации	Алгоритм оптимизации	Компьютерное обеспечение, программы	Технические решения конструкции	Электронное описание
Компоновка	+	+	-	-	+	+
Двигатель	+	+	+	+	+	+
Трансмиссия	+	+	+	+	+	+
Отбор мощности	+	+	+	+	+	+
Движитель	+	+	+	-	+	+

Продолжение таблицы 3.2

Навесная система	+	+	+	+	+	+
Система балластирования	+	+	-	-	+	+
Микроклимат	+	+	-	-	+	+
Управление	+	+	-	+	+	+
Бортовой компьютер	+	+	+	+	+	+

Из таблицы видно, что создана база для цифровизации МЭС, однако требуется проводить углубленное изучение достаточности имеющихся моделей для полной цифровой автоматизации и интеллектуализации мобильных энергетических средств [58].

Полноразмерная CALS-технология является очень сложной системой, но применение ее принципов возможно и целесообразно на любом этапе жизненного цикла МЭС. Предлагаемая Концепция была использована при разработке «Система общих требований к сельскохозяйственным тракторам малой и средней мощности» [56].

Состояние тракторной промышленности России характеризуется глубокими процессами реструктуризации.

В соответствии с проведенным мониторингом рынка сельскохозяйственных тракторов в России установлено, что производство полного цикла отечественных моделей колесных и гусеничных тракторов тяговых классов 0,6; 0,9; 1,4; 2 и 3 полностью прекращено. Общее наличие в парке моделей таких тракторов составляет около 300 тыс. тракторов, при общей их текущей технологической потребности 500 тыс. тракторов, дефицит составляет 200 тыс. тракторов.

В связи с этим становится актуальным выбор долгосрочного направления развития технической политики, обеспечивающего конкурентоспособность отечественной тракторной техники. В частности, целесообразно проводить разработки перспективных моделей тракторов указанных тяговых классов, но уже с учетом требований по техническим

параметрам и эксплуатационным показателям отвечающим новациям современного тракторостроения и дальнейшее их производство полного цикла на территории РФ.

В качестве главных показателей конкурентоспособности сельскохозяйственных тракторов на мировом рынке предлагается рассмотреть повышение энергетической эффективности и обеспечение их экологической безопасности в полном жизненном цикле.

Обеспечить значительное уменьшение конструкционной массы, повысить производительность и уменьшить полные затраты энергии на единицу полезной работы в 1,4...1,6 раза позволит блочно-модульная рамная компоновка, сменный колесно-гусеничный движитель с повышенными тягово-сцепными характеристиками, автоматизированный электропривод и другие инновационные решения, способствующие организации высокоунифицированного производства тракторов.

В соответствии с данной технической концепцией разработана система общих требований к сельскохозяйственным тракторам малой и средней мощности (таблица 3.3), предлагаемые для стимулирования создания на территории РФ их производства полного цикла, упомянутых в пункте 4 Протокола совещания у Председателя Правительства РФ, г. Краснодар от 18 января 2019 г. №ДМ-П9-3ПР «О развитии отечественного производства сельскохозяйственной техники и ее приоритетного использования, в том числе в рамках реализации национальных проектов».

Таблица 3.3 – Система общих требований на сельскохозяйственные тракторы малой и средней мощности, предлагаемые для стимулирования создания на территории РФ их производства полного цикла (по Протоколу от 18 января 2019 г; № ДМ-П9-3пр)

Наименование исходных требований	Семейство блочно-модульных энергетических средств класса 0,6-0,9		Семейство колесно-гусеничных экологически безопасных тракторов класса 1,4 и 2-3		
Назначение	Универсально-пропашной				
Тяговый класс	0,6	0,9	1,4	2	3

Продолжение таблицы 3.3

Тяговое усилие, кН, min/max	5,4 8,1	8,1 12,6	12,6 18,0		18,0 27		27 36	
Компоновка	Блочно-модульная							
	Система быстротыкуемых моторно-технологических модулей (аналогов нет)		Рамная, с уменьшенной конструкционной массой, высокоунифицированная (аналогов нет)					
Условная марка	БМЭ 0,6-0,9*		1,4 К-Г		2,0 К-Г		3,0 К-Г	
Ходовая система с повышенными тягово-сцепными качествами	Колесная (2К2)	Гусеничная (модифик)	Колесная (4К4а)	Гусеничная	Колесная (4К4а)	Гусеничная	Колесная *** (4К6а)	Гусеничная
Унификация, %	Базовая	80	Базовая		93...95		90	
Коэффициент использования сцепного веса	0,4	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7	0,5	0,7
Эксплуатационная масса, кг	1500	1700	2800		3500		4000	
Тяговое усилие номинальное, кН	6,8	10,35	14,0	17,5	19,6	24,5	28,0	
Мощность эксплуатационная, кВт (л.с.)	22 (30) 30 (45) опция		73,5 (100)		118 (160)			
Технологическая потребность, тыс. тр.	30,0		60,0		30,0		10,0	
Количество сельскохозяйственных машин в комплексе, тыс. тр.	350		250		120		80	
Удельная энергетическая стоимость, тыс. руб./ л.с.	20-25 (бюджетная экономическая модель) 40-45 (бизнес-модель)							
Экологические требования	Экологическая безопасность во всем диапазоне эксплуатационных условий по воздействию на почву и содержанию вредных веществ в отработавших газах							

*БМЭ тяг. класс 0,6-0,9 Блочно-модульное энергосредство тягового класса 0,6 с гусеничной модификацией класса 0,9

**1,4 К-Г, 2,0 К-Г, 3,0 К-Г Семейство универсально-пропашных колесно-гусеничных тракторов экологически безопасных тягового класса 1,4 и 2-3 с переоборудованием ходовой системы в условиях хозяйства по базовой модели

***Модульное энергосредство с третьим подкатным мостом

Семейство блочно-модульных энергетических средств класса 0,6-0,9
[59]

В качестве инновационных конструкторско-технологических решений предлагаются агрегатно-модульного и блочно-модульное проектирование предполагается переход от индивидуального конструирования отдельных типов, размеров и модификаций изделий к системному проектированию семейств изделий из заранее сконструированных и изготовленных стандартных модульных составных частей, представляющих собой технологически законченный объект производства. Такой подход дает следующие преимущества: значительно повышается надежность машин за счет применения отработанных и проверенных узлов и агрегатов; при малой серийности конкретных изделий машин обеспечивается большая серийность составных частей; резко сокращаются сроки освоения новых моделей; делает экономически оправданным создание комбинированных агрегатов под конкретные агроклиматические условия.

Номенклатура агротехнологических качеств универсальных мобильных энергосредств применительно к сфере крестьянских (фермерских) хозяйствах (КФХ) включает следующие основные показатели [60]:

1. Номинальное тяговое усилие энергосредства определяется выполняемой технологической операцией в комплексе с агрегатируемыми рабочими машинами и почвенными условиями. Наиболее энергоемкой из технологических операций является культивация, совмещенная с боронованием и выравниванием. При ширине захвата машины в 2 м требуемая мощность энергосредства находится в диапазоне от 10,8 до 23,2 кВт.

2. Диапазон скоростей движения. При выполнении технологических операций рабочие скорости должны быть различными в зависимости от вида работы и конкретных условий. Тракторы и самоходные шасси класса 0,6-0,9 работают на скоростях, задаваемых комплексом рабочих машин, в основном в диапазоне от 0,9 до 12 км/ч, который можно считать приемлемым.

3. Ширина колеи представляет собой один из наиболее значимых показателей для универсального энергосредства. Ее размеры должны обеспечивать, прежде всего, выполнение базовой технологической операции (посева). На разных этапах технологического процесса применяются различные схемы посева, в которые должен вписываться трактор или другое энергосредство. Ширину колеи регулируют в диапазоне от 1200 до 1800 мм, чтобы энергосредство могло работать при ширине междурядий 45, 50, 55, 60 и 70 см.

4. Агротехнический просвет мобильного энергосредства на работах должен обеспечивать его проходимость при выполнении технологических операций на предпосевной подготовке почвы, посеве и на отдельных технологических операциях по уходу за посевами в фазах до всходов и по всходам и быть не менее агротехнического просвета рабочих машин (350 мм).

5. Вал отбора мощности: независимый и синхронный (3 вывода).

6. Навесоспособность и агрегируемость. Мобильные энергосредства для работы должны обеспечивать работу с комплексом рабочих машин и иметь соответствующую грузоподъемность навесного устройства. Для тракторов класса 0,6 масса отдельной навесной машины по существующим нормативам не должна превышать 15% от массы трактора при навеске спереди и 25% при навеске сзади. При эшелонированной навеске суммарная масса груза не должна составлять более 60%. Используемые в настоящее время рабочие машины, агрегируемые с тракторами класса 0,6-0,9, по массе находятся в интервале от 230 до 500 кг.

Энергетическое средство и его модификации предназначены для составления блочно-модульных технологических мобильных и стационарных машинно-тракторных агрегатов, выполняющих работы в малых формах хозяйствования ((КФХ) и хозяйствах населения (ХН)) и в коммунальном хозяйстве:

в растениеводстве – возделывание зерновых, возделывание и уборка овощных (в открытом и закрытом грунте), масличных, бахчевых, технических

и кормовых культур, в садах, в виноградниках, на табачных и чайных плантациях, в селекции и первичном семеноводстве;

в животноводстве – уборка навоза, раздача всех видов кормов и минеральных добавок, внесение подстилки, заготовка и подготовка кормов к скармливанию, доставка воды и поение животных на пастбищах, уход за пастбищами, доение животных на пастбищах и летних лагерях, очистка дорог, проездов и территории ферм от снега и мусора, погрузочно-разгрузочные и транспортные работы, техобслуживание и ремонт животноводческого оборудования, комплекс работ на прифермских и приусадебных участках при возделывании сельскохозяйственных культур в фермерских и хозяйствах населения;

в лесном хозяйстве – посадка и уход за лесными насаждениями;

в коммунальном хозяйстве – расчистка от снега и очистка от мусора дорог и площадок, уборка территорий, полив дорог, уход за зелеными насаждениями;

в общехозяйственном процессе – погрузочно-разгрузочные работы, ближняя транспортировка грузов;

в инженерно-техническом обеспечении – техническое обслуживание сельскохозяйственной и коммунальной техники.

Основные показатели качества сельскохозяйственного универсального блочно-модульного энергетического средства тягового класса 0,6-0,9 представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Основные показатели качества сельскохозяйственного универсального блочно-модульного энергетического средства тягового класса 0,6-0,9

Общие показатели		
Тяговый класс	0,6	0,9
Эксплуатационная масса, кг	1500	1700
Схема построения	Система быстростыкуемых моторно-технологических модулей	
Эксплуатационная мощность двигателя, кВт	22	33
Трансмиссия		
Тип	механическая, ступенчатая	

Продолжение таблицы 3.4

Скорость движения вперед, км/ч:		
- технологическая,	0,6	
- рабочая,	12	
- транспортная.	25	
Скорость движения назад, км/ч:		
- технологическая,	0,6	
- рабочая.	5,4	
Отношение смежных передаточных чисел	1,2	
КПД	0,9	
Система отбора мощности		
Расположение	переднее, заднее, сбоку	
Тип	независимый, синхронный	
Частота вращения	540 (1000) переключаемый на синхронный с частотой вращения 3,5 и 6,5 об/мин на 1м пути	
КПД	0,96	
Ходовая система		
Тип движителей	сменные	
	колесные	гусеничные
Максимальное давление на почву, кПа	80-100	50-60
Условный тяговый КПД	0,65	0,75
Агротехнический просвет (перенастраиваемый), м	0,25-0,55	
Колея (регулируемая), мм	1200-1800	

Экологические требования. Оценка экологической безопасности должна проводиться с учетом всех этапов жизненного цикла (система Стандартов ИСО 1400), уровень рециклируемых материалов не ниже 90% по массе. Выброс загрязняющих веществ с ОГ по нормам Правил 96 ЕЭК ООН.

Воздействие ходовых систем на почву без ограничений влажности по ГОСТ Р 58655-2019.

Экономические требования. Мобильные энергетические средства, образующие в составе базового универсального и его специализированных комплектаций унифицированное семейство при выполнении технологических операций в крестьянско-фермерских, личных хозяйствах и в коммунальном хозяйстве позволят повысить в 4-5 раза производительность труда. Удельная энергетическая стоимость бюджетной экономической модели 25 тыс. руб./л.с., бизнес-модели 45 тыс. руб./л.с.

Технологическая потребность в парке составляет 30 тыс. единиц (без учета экспорта).

Требования к универсальности. Количество сельскохозяйственных машин агрегируемых в комплексе 350 шт.

Семейство колесно-гусеничных экологически безопасных тракторов класса 1,4 и 2-3 [61]

Опережающие отечественные исследования в области повышения эффективности использования мощности двигателя в машинно-тракторном агрегате, взаимодействия ходовых систем с почвой и повышения экологической безопасности отдельных узлов и систем позволили обосновать создание конкурентоспособного трактора, превосходящего лучшие зарубежные образцы по показателям энергетической эффективности и экологической безопасности.

Исходные требования разработаны с учетом «Исходных требований на экологически безопасные тракторы класса 1,4 и 2», утвержденных руководителем Департамента технической политики Минсельхоза России Л.С. Орсином., 27.10.2003. Разработчик исходные требования – отдел мобильных энергетических средств для растениеводства ГНУ ВИМ совместно с АНО Секция «Машиностроение» РИА. Руководитель – автор проекта, академик Россельхозакадемии Ксенович И.П [62].

Универсально-пропашные тракторы класса 1,4 и 2-3 выполняют в растениеводстве до 40% всего объема работ, их технологическая потребность в парке составляет около 300 тыс. тракторов, но в России они не выпускаются.

Для обеспечения конкурентоспособности тракторов, как на внутреннем, так и зарубежном рынке в конструкцию разрабатываемого трактора, его агрегатов и систем предполагается заложить ряд новых, а также уже известных, но пока не в полной мере применяемых на тракторах технических решений, в том числе [63]:

- рамная конструкция остова; тонкостенное литье корпусных деталей трансмиссии; применение легких сплавов для отливки блока цилиндров,

головки блока двигателя и картера; сварные и штампованные детали балки ведущих мостов; применение неметаллических материалов, в т.ч. композитных материалов;

- дизель постоянной мощности (запас крутящего момента не менее 30%) с сажевым фильтром, нейтрализатором, с системой автоматического регулирования производительности вентилятора системы охлаждения, с электронной системой управления подачей топлива, позволяющей уменьшить вредные и токсичные выбросы в атмосферу до величин, соответствующих требованиям перспективных международных стандартов;

- комплексная автоматизация моторно-трансмиссионной установки, в которой применена механическая трансмиссия с бесступенчатым изменением передаточных чисел между соседними передачами;

- система автоматического поддержания частоты вращения хвостовика независимого вала отбора мощности (ВОМ), позволяющая повысить топливную экономичность трактора при работе с машинами, требующими привода от ВОМ, на 15...20%;

- полное капотирование двигателя, капсульная шумозащитная и виброизолированная кабина, позволяющая снизить уровень шума и улучшить эргономические характеристики трактора;

- автоматическое отключение привода задних колес, позволяющее достичь суперманевренности (радиус поворота близок к нулю) без подтормаживания колес и без введения дополнительного управляемого поворота задних колес и обеспечить уменьшение площади поворотных колес;

- гидроотбор мощности для привода гидрофицированных сельскохозяйственных машин, обладающих меньшей на 10...15% материалоемкостью по сравнению с машинами, имеющими механический привод;

- более надежные уплотнительные узлы и арматура, защитные автоматические запорные устройства в гидросистеме, позволяющие

существенно снизить вероятность нарушения ее герметичности и возможный залповый выброс рабочей жидкости;

- система автоматической защиты гидролиний от выброса масла при аварийных нарушениях герметичности.

Предусмотрена возможность оборудования трактора альтернативными движителями: колесными с шинами низкого давления, гусеничными, шагающими с вращательным переносом опорных башмаков.

Трактор должен быть оборудован компьютерной системой, обеспечивающей оптимизацию эксплуатационных режимов работы двигателя и трансмиссии, контроль и защиту в случае предельных значений эксплуатационных параметров связь системы GPS и ГЛОНАСС, а также регистрацию, запись и передачу сведений о проделанной работе на стационарный компьютер.

Тракторы предназначены для возделывания и уборки свеклы, овощей, картофеля и высокостебельных пропашных культур с междурядьями 45, 60, 70, 90 см в составе широкозахватных однооперационных и комбинированных агрегатов, выполнения работ общего назначения, посева и уборки зерновых и других культур, заготовки кормов, в т.ч. на поймах, транспортировки сельскохозяйственных грузов и погрузочно-разгрузочных работ, обеспечивая возможность построения гибких быстростыкуемых технологических систем сельскохозяйственного назначения.

Основные показатели качества семейства колесно-гусеничных экологически безопасных тракторов класса 1,4 и 2-3 представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Основные показатели качества семейства колесно-гусеничных экологически безопасных тракторов класса 1,4 и 2-3

Общие показатели			
Тяговый класс	1,4	2	3
Эксплуатационная масса, кг	2800	3500	4000*
Схема построения	рамная, блочно-модульная		
Эксплуатационная мощность двигателя, кВт	73,5	118	

Продолжение таблицы 3.5

Трансмиссия		
Тип	механическая, ступенчатая	
Скорость движения вперед, км/ч:		
- технологическая,	0,1-2,5	
- рабочая,	9-15	
- транспортная.	17-45	
Отношение смежных передаточных чисел	1,33	
КПД	0,9-0,92	
Система отбора мощности		
Расположение, тип	переднее (независимый), заднее (независимый, синхронный)	
Передаваемая ВОМ мощность, кВт при частоте вращения:		
540 об/мин	60	
750 об/мин	70	112
1000 об/мин		
1500 об/мин		
Тип	механический с автоматическим поддержанием заданной частоты вращения хвостовика ВОМ	
КПД	0,92	
Привод гидро- и электромоторов	система должна предусматривать возможности привода гидромоторов агрегатируемых машин с передачей до 60% эксплуатационной мощности двигателя	
Ходовая система		
Тип движителей	сменные	
	колесные	гусеничные
Максимальное давление на почву, кПа	80-120	50-60
Условный тяговый КПД	0,72	0,8
Агротехнический просвет, м	650	
Колея (регулируемая), мм	1400-1800	

*включая 500 кг балласта

Экологические требования. Показатели работы тракторов должны отвечать требованиям по уровню воздействия ходовых систем на почву, при работе в междурядьях 45, 60, 70 и 90 см без ограничений влажности почвы - ГОСТ Р 58655–2019.

Экономические требования. По сравнению с трактором «Беларус» 1025, экологически безопасное мобильное энергосредство класса 1,4, должно обеспечить: снижение недобора урожая, ц/га: кукурузы – 8... 10; подсолнечника – 3... 5.

Снижение расхода топлива на единицу продукции, кг/ц: кукурузы –1,2; подсолнечника – 4,8, что позволит с учетом снижения удельной материалоемкости с 50 кг/кВт («Беларус»-1025) до 33,3 кг/кВт снизить общие затраты энергии на выполнение единицы полезной работы в 1,5...1,6 раза при соблюдении требований экологической безопасности во всем спектре выполняемых работ.

Такие же показатели эффективности применения экологически безопасного мобильного энергосредства класса 2 по сравнению с трактором «Беларус» 1221.

Технологическая потребность в парке составляет 90 тыс. единиц (без учета экспорта).

Требования к универсальности. Количество сельскохозяйственных машин агрегируемых в комплексе 370 шт.

Рекомендуемое применение основных типов тракторов в зависимости от размера фермерских хозяйств в таблице 3.6 [64].

Таблица 3.6 – Рекомендуемое применение тракторов в зависимости от размера фермерских хозяйств

№№ пп	Наименование машины, агрегируемой с трактором тягового класса	Размеры хозяйства, га		
		МФХ (менее 10) 0,6; 0,9	СФХ (10-50) 0,9; 1,4	КФХ (более 50) 1,4; 2; 3
1.	Трактор гусеничный общего назначения, класса 3	-	-	+
2.	Трактор колесный универсально-пропашной, класса 2	-	-	+
3.	Трактор колесный универсально-пропашной, класса 1,4	-	+	+
4.	Трактор колесный универсальный, 0,9	+	+	-
5.	Трактор колесный универсально-пропашной, 0,6	+	-	-
6.	Шасси самоходное, класса 0,6	+	-	-
7.	Семейство блочно-модульных мобильных энергетических средств с комплексом технологических модулей, класса 0,6-0,9	+	+	-

Реализация представленного типажа тракторов и соответствующих комплексов машин позволит обеспечить комплексную механизацию процессов производства сельскохозяйственной продукции в фермерских

хозяйствах размерами от 5-8 до 90-150 га. Основные показатели производства при этом приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Удельные затраты труда в КФХ

Продукция	Удельные затраты, челч/ц	
	достигнуто в настоящее время	расчет при использовании типажа
Картофель	2,1	0,6-0,8
Овощи	6,6	0,6-1,3
Молоко	4,7	1,1-1,7
Мясо КРС	35,8	8,0-12,5
Мясо свиней	14,4	4,3-7,3

В таблице 3.7 приведены удельные затраты труда при использовании типажа. Расчет показывает, что его применения снижает затраты труда в 2-3 раза.

3.5 Развитие теории трактора в современных условиях

3.5.1 Теория и расчет модульных энерготехнологических средств

Развитие теории трактора в современных условиях характеризуется повышением энергонасыщенности трактора, как основной закономерности развития его технического уровня, что ведет к перерастанию трактора-тягача в трактор тягово-энергетической концепции (мобильное энергетическое средство) с расширением его универсальности и функциональных возможностей. Одним из перспективных направлений является формирование МТА по модульному принципу на базе энергонасыщенных тракторов, обладающего двумя уровнями мощности двигателя, снабженных технологическим модулем с одним или несколькими ведущими мостами и гидронавесным устройством (рисунок 3.5), позволяющим использовать часть веса сельхозмашин в качестве сцепного веса, а также при необходимости дополнительный балласт [65-69].

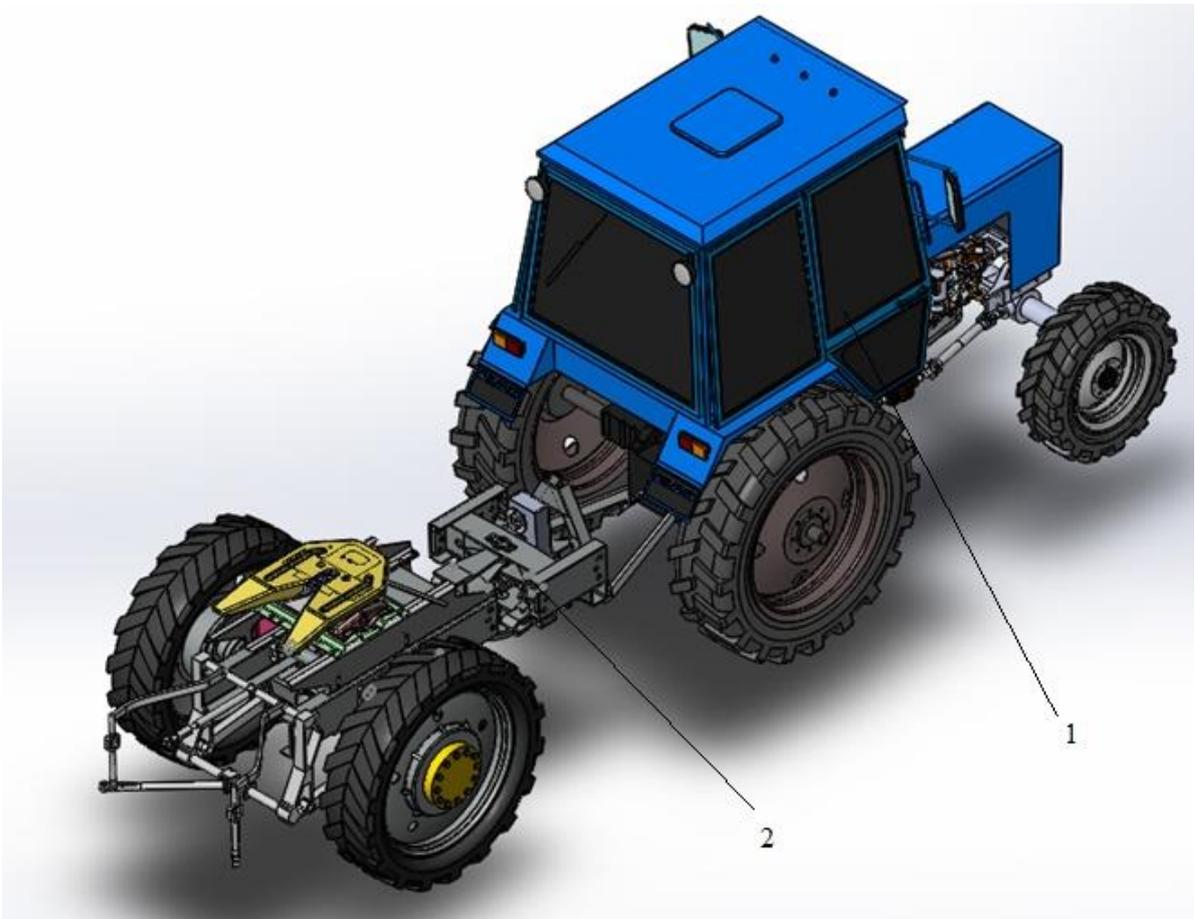


Рисунок 3.5 – Модульное энерготехнологическое средство:
1-энергонасыщенный трактор, 2- технологический модуль

Классификация схем силовых потоков МТА

При рассмотрении мощностного баланса схему силового потока машинно-тракторного агрегата представляют в соответствии со следующей классификацией (рисунок 3.6).

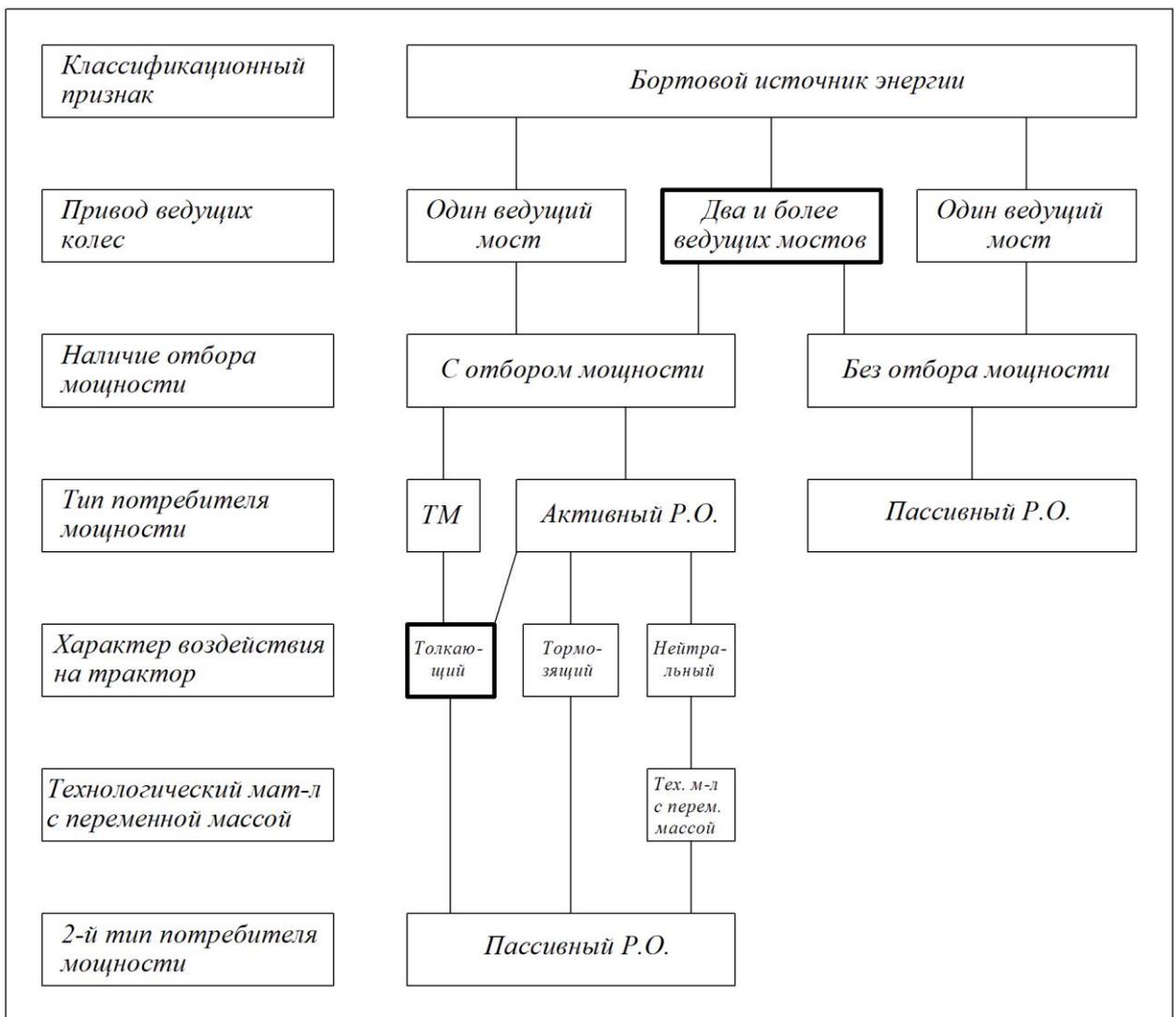


Рисунок 3.6 – Классификация схем силовых потоков машинно-тракторных агрегатов

Два и более ведущих моста (механическая трансмиссия), а также наличие активных рабочих органов, совмещающих функции движителей за счет толкающего воздействия или технологического модуля (на схеме выделены «жирной» обводкой), при определенных условиях создают схемы замкнутых силовых потоков с циркулирующей мощностью.

Мощностной баланс МТА

Рассмотрен мощностной баланс мобильного энерготехнологического средства (МЭС) с подталкивающим воздействием технологического модуля.

Вид уравнения баланса мощности мобильного энерготехнологического средства определяют в зависимости от соотношения между подталкивающим усилием технологического модуля P_n и сопротивлением качению P_f трактора.

При $0 < P_n < P_f$ схема силового потока МТА при одном включенном мосте трактора имеет вид (рисунок 3.7):

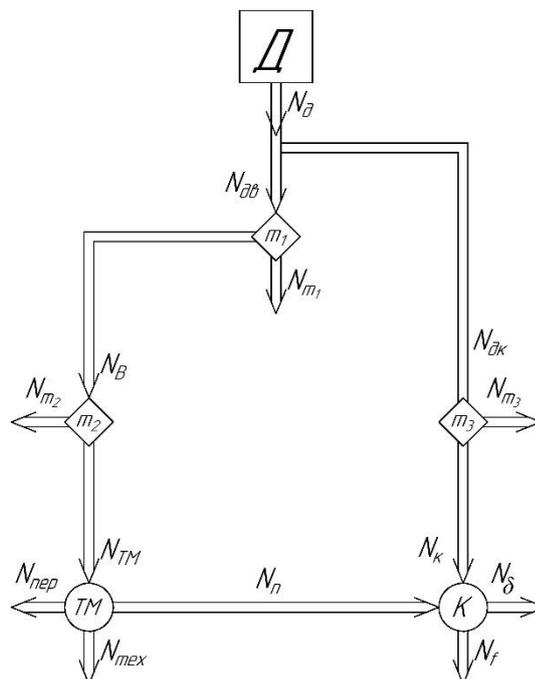


Рисунок 3.7 – Схема силового потока МТА при одном включенном мосте трактора при $0 < P_n < P_f$

На приведенной схеме распределения потоков мощности машинно-тракторного агрегата приняты следующие обозначения: Д – двигатель; ТМ – технологический модуль; К – ведущие колеса; m_1 , m_2 , m_3 – трансмиссии привода ВОМ, технологического модуля, ведущих колес трактора; N_δ , $N_{\delta в}$, $N_{\delta к}$ – мощность двигателя, часть мощности двигателя, отбираемая на привод ВОМ и на привод ведущих колес трактора; $N_в$, $N_{ТМ}$ – мощности на ВОМ и на технологическом модуле; N_n – мощность подталкивания трактора технологическим модулем; N_{m1} , N_{m2} , N_{m3} – потери мощности в трансмиссиях m_1 , m_2 , m_3 ; $N_к$ – мощность, подведенная к ведущим колесам через трансмиссию трактора; $N_{fТМ}$, $N_{\delta ТМ}$, $N_{тех}$, N_f , N_δ – мощности на качение и буксование технологического модуля, на выполнение технологического процесса, качение и буксование трактора. В соответствии со схемой силового потока мощностной баланс машинно-тракторного агрегата определяется следующим выражением:

$$N_{\partial} = \frac{N_B}{\eta_{m1}} + \frac{N_f - N_{\Pi}}{\eta_{m3} \cdot \eta_{\delta}},$$

где: η_{m1} , η_{m3} и η_{δ} – коэффициенты полезного действия трансмиссий m_1 , m_3 и буксование трактора.

$$N_B = N_{\text{тех}} + N_{\text{пер}}.$$

При $P_{\Pi} = P_f$ схема силового потока МТА имеет вид (рисунок 3.8):

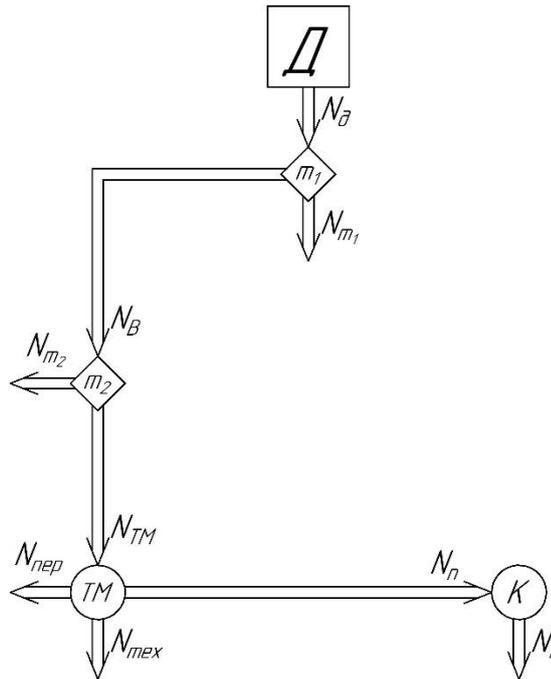


Рисунок 3.8 – Схема силового потока МТА при одном включенном мосте трактора при $P_{\Pi} = P_f$

В соответствии с данной схемой силового потока мощностной баланс определяется следующим выражением:

$$N_{\partial} = \frac{N_B}{\eta_{m1}} = \frac{N_{\text{тех}} + N_{\text{пер}}}{\eta_{m1}}.$$

При $P_{\Pi} > P_f$ схема силового потока МТА имеет вид (рисунок 3.9):

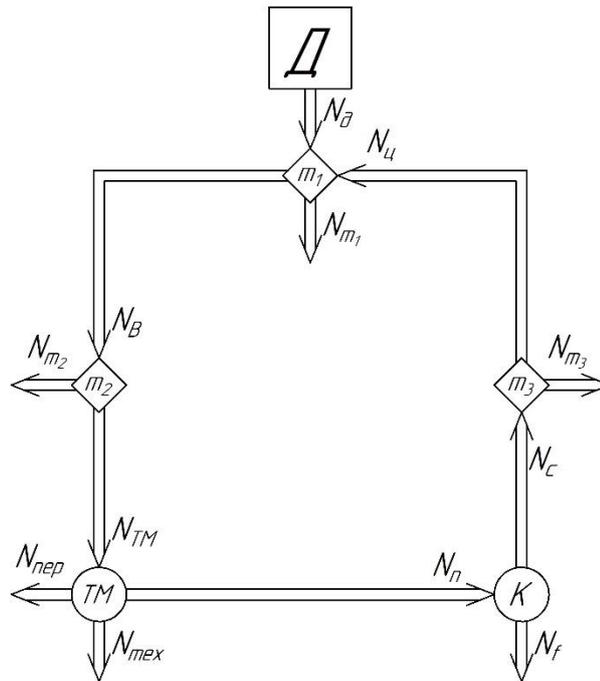


Рисунок 3.9 – Схема силового потока МТА при одном включенном мосте трактора при $P_n > P_f$

В соответствии со схемой силового потока мощностной баланс МТА определяется следующим выражением:

$$N_{\delta} = \frac{N_B}{\eta_{m1}} - (N_n - N_f)\eta_{m3},$$

где $N_B = N_{\text{тех}} + N_{\text{пер}} + N_n$.

Циркулирующая мощность определяется выражением:

$$N_{\text{ц}} = (N_n - N_f)\eta_{m3}\eta_{m1}.$$

Потери, связанные с циркуляцией мощности, определяются выражением:

$$N_{\text{м}} = N_{\text{ц}} \left[\frac{(1 - \eta_{m1}\eta_{m2})}{\eta_{m1}\eta_{m2}} + (1 - \eta_{m3}) \right].$$

При $P_n = 0$ схема силового потока МТА имеет вид (рисунок 3.10):

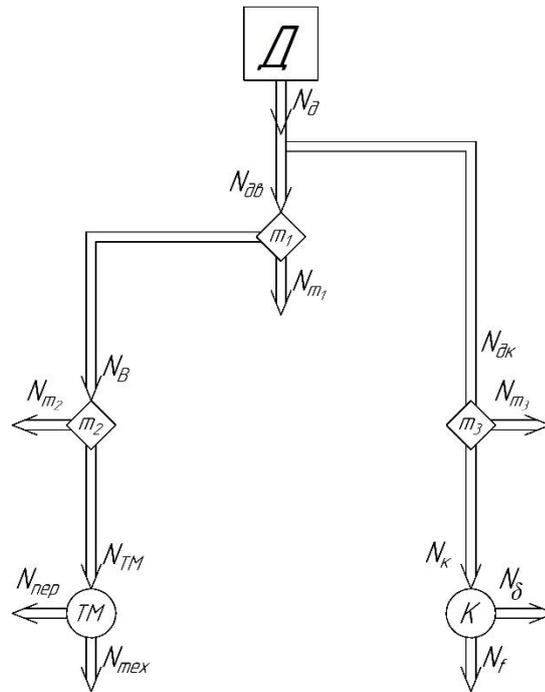


Рисунок 3.10 – Схема силового потока МТА при одном включенном мосте трактора при $P_{\text{н}} = 0$

В соответствии со схемой силового потока мощностной баланс МТА определяется выражением:

$$N_{\partial} = \frac{N_{\text{B}}}{\eta_{\text{m1}}} + \frac{N_{\text{f}}}{\eta_{\text{m3}}\eta_{\delta}},$$

где $N_{\text{B}} = N_{\text{тех}} + N_{\text{пер}}$.

Теория мобильных агрегатов с технологическим модулем

Основные кинематические параметры технологического модуля определяются исходя из условия максимального тягового КПД трактора при наличии кинематического несоответствия передних и задних колес трактора [70, 71].

Возьмем суммы проекций сил на горизонтальную и вертикальные оси и моментов относительно точки касания технологического модуля с опорной поверхностью (рисунок 3.11):

$$\begin{aligned} \sum X &= F_{\text{H}} \cos \varphi_{\text{H}} + F_{\text{B}} \cos \varphi_{\text{B}} - F_{\kappa 3} + F_{f3} + F_{\text{sx}} = 0; \\ \sum Z &= F_{\text{H}} \sin \varphi_{\text{H}} + F_{\text{B}} \sin \varphi_{\text{B}} + Z_3 - G_q + F_{\text{sz}} = 0; \\ \sum M_q &= F_{\text{H}}(h_{\text{H}} \cos \varphi_{\text{H}} + l_{\text{H}} \sin \varphi_{\text{H}}) + F_{\text{B}}(h_{\text{B}} \cos \varphi_{\text{B}} + l_{\text{B}} \sin \varphi_{\text{B}}) + \\ &+ M_{f3} - G_q l_q + F_{\text{sx}} h_s - F_{\text{sz}} l_s - M_{\text{sy}} = 0, \end{aligned} \tag{3.1}$$

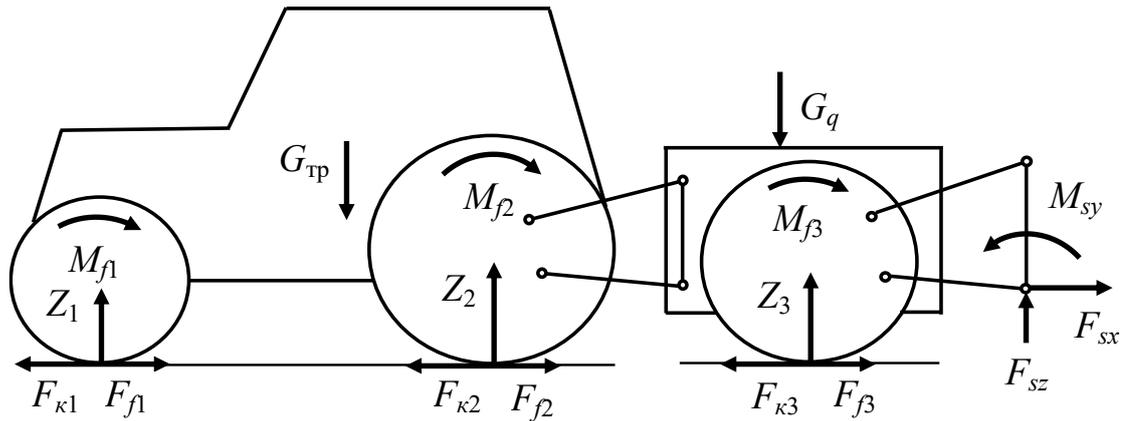


Рисунок 3.11 - Схема сил, действующих на МЭС:

Z_1, Z_2 и Z_3 - нормальные реакции почвы на колеса МЭС; $F_{к1}, F_{к2}$ и $F_{к3}$ - касательные силы тяги колес МЭС; F_{f1}, F_{f2} и F_{f3} - силы сопротивления качению колес МЭС; M_{f1}, M_{f2} и M_{f3} - моменты сопротивления качению колес МЭС; $G_{тп}$ и G_q - соответственно, вес трактора и ТМ; F_{sx}, F_{sz} и M_{sy} - проекции сил и момента, действующих со стороны агрегата

Определяем касательную силу и силы сопротивления качению осей трактора через нормальные реакции опорной поверхности Z_j : $F_{кj} = \varphi_j Z_j$;

$$F_{fj} = f_j Z_j,$$

где f и φ - соответственно коэффициент сопротивления качению и удельная касательная сила тяги.

Запись системы (3.1) и ее решение в матричной форме имеют вид:

$$Ax = b \quad \Rightarrow \quad x = A^{-1}b,$$

где $x = \begin{pmatrix} F_H \\ F_B \\ Z_3 \end{pmatrix}$; $A = \begin{pmatrix} \cos \varphi_H & \cos \varphi_B & f_3 - \varphi_3 \\ \sin \varphi_H & \sin \varphi_B & 1 \\ h_H \cos \varphi_H + l_H \sin \varphi_H & h_B \cos \varphi_B + l_B \sin \varphi_B & f_3 r_{д3} \end{pmatrix}$

$$b = \begin{pmatrix} -F_{sx} \\ G_q - F_{sz} \\ G_q l_q + F_{sz} l_s - F_{sx} h_s + M_{sy} \end{pmatrix}$$

Для определения нормальных реакций почвы на опоры трактора составим уравнение сумм проекций сил на ось OZ и сумм моментов относительно точки контакта с почвой передних колес трактора, получим:

$$\sum Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 - G_{тп} - G_q - F_{sz} = 0;$$

$$\sum M_1 = M_{f1} - Z_2 l_1 + M_{f2} + G_{тп} l_{тп} - Z_3 (l_1 + l_2) + M_{f3} + G_q (l_1 + l_2 - l_q) + F_{sx} h_s - F_{sz} (l_1 + l_2 + l_s) + M_{sy} = 0,$$

где l_1 и l_2 – продольные расстояния соответственно от первой до второй оси и от второй до третьей оси; $l_{\text{пр}}$ расстояние от центра масс ЭМ до первой оси.

Полученную систему уравнений и ее решение запишем в матричной форме:

$$x = A^{-1}b, \text{ где } x = \begin{pmatrix} Z_1 \\ Z_2 \end{pmatrix}; \quad A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ f_1 r_{\text{д1}} & f_2 r_{\text{д2}} - l_1 \end{pmatrix};$$

$$b = \begin{pmatrix} G_{\text{пр}} + G_q + F_{sz} - Z_3 \\ Z_3(l_1 + l_2 - f_3 r_{\text{д3}}) - G_{\text{пр}} l_{\text{пр}} - G_q(l_1 + l_2 - l_q) + F_{sz}(l_1 + l_2 + l_s) - F_{sx} h_s - M_{sy} \end{pmatrix}.$$

Для определения буксования используем выражение взаимосвязи между величинами δ и φ , которое допускает обращение в явном виде:

$$\delta(\varphi) = \frac{a\varphi}{b - \varphi}, \quad \varphi(\delta) = \frac{b\delta}{a + \delta},$$

где a и b эмпирические коэффициенты.

Совместное решение приведенных выше уравнений сводим к решению уравнения относительно величины буксования задней оси трактора

$$f(\delta_2) = 0.$$

КПД ходовой части определяется по уравнению:

$$\eta_x = \frac{F_{\text{кр}}}{\sum F_{\text{к}j} / (1 - \delta_j)}.$$

Используя рассмотренную методику, были проведены исследования влияния кинематического несоответствия моста ТМ относительно второго моста трактора на КПД ходовой части. Зависимость КПД ходовой системы η_x от кинематического несоответствия первого ($K_{\text{н1}}$) и третьего ($K_{\text{н3}}$) мостов при тяговом усилии МЭС $F_{\text{кр}}=30\text{кН}$ с шагом $\Delta K_{\text{н3}}=0,02$ (рисунок 3.12). При значениях кинематического несоответствия третьей моста ($K_{\text{н3}}=1,02\dots1,06$) и первого относительно второго $K_{\text{н1}}=1,06\dots1,08$ КПД превышает до 1,5%.

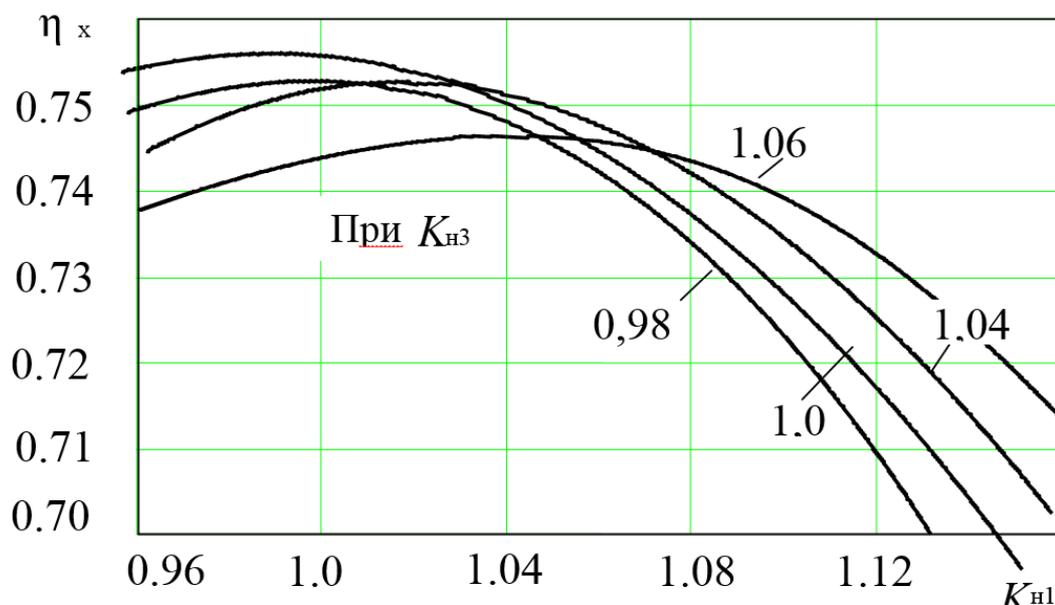


Рисунок – 3.12 Зависимость КПД ходовой системы η_x от кинематического несоответствия первого ($K_{н1}$) и третьего ($K_{н3}$) мостов

Предложенная методика позволяет выявить закономерность изменения КПД ходовой системы модульного энерготехнологического средства от кинематического несоответствия третьего моста относительно второго при заданном кинематическом несоответствии первого моста относительно второго моста, которые конструктивно существуют у колесных тракторов 4К4.

Обнаружено превышение значений КПД ходовой системы при кинематическом несоответствии третьего моста, равном 1,04-1,06, если имеется конструктивное кинематическое несоответствие первого моста относительно второго в пределах 1,06-1,08.

3.5.2 Экспериментально-теоретический метод оценки максимального контактного давления на почву

Результаты НИР, проведенные в ВИМе при участии автора [72], использованы в данном подпункте и опубликованы в [73].

Исходя из схемы деформации шины при статистических испытаниях (рисунок 3.13) предлагается для определения максимального контактного давления рассмотреть универсальную характеристику шины, приведенной в [74]:

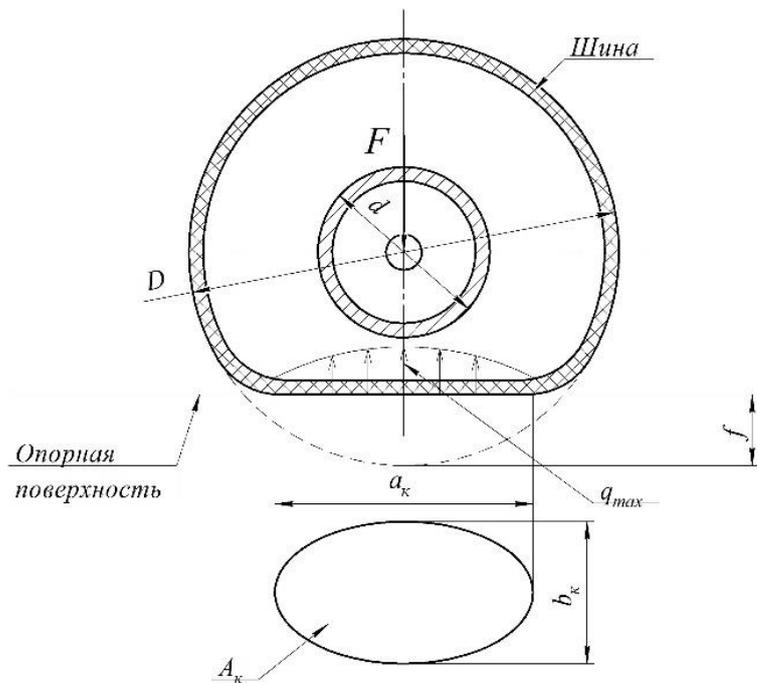


Рисунок 3.13 – Схема деформации пневматического колеса при статических испытаниях

$$F = \frac{f^2}{C_1 + C_2 f / (p_w + p_0)}, \quad (3.2)$$

где F – вертикальная нагрузка на колесо, [кН];

$C_1 \left[\frac{\text{М}^2}{\text{кН}} \right]; C_2 \left[\frac{1}{\text{М}} \right]; p_0$ [кПа] – постоянные для данной шины коэффициенты;

f – прогиб шины, [м];

p_w – внутренне давление воздуха в шине, [кПа].

Универсальная характеристика шины была предложена в работе [75] в виде номограммы, состоящей из трех квадрантов, однако алгоритм расчетов и примера расчета при этом не рассматривались. С целью систематизации материала приводится описание номограммы по работе [75].

В квадранте I располагается семейство зависимостей $f = f(F, p_w)$, рассчитанных для конкретной шины, исходя из формулы (3.2):

$$f = \frac{C_2 F}{2(p_w + p_0)} + \sqrt{\left[\frac{C_2 F}{2(p_w + p_0)} \right]^2 + C_1 F}, p_0 > 0. \quad (3.3)$$

С уменьшением давления p_w крутизна зависимостей прогиба f от вертикальной нагрузки F возрастает.

В квадранте II располагается одна кривая, представляющая связь для данной шины между прогибом f (ось ординат) и контурной площадью контакта A_k , рассчитанной по формулам, предложенным в работе [76]:

$$A_k = \frac{\pi}{4} a_k b_k, \quad (3.4)$$

в которой

$$\begin{aligned} a_k &= C_3 \sqrt{f(D-f)}, \\ b_k &= 2\sqrt{f(2R_{\text{пр}} - f)}. \\ R_{\text{пр}} &= \frac{(B+H)}{2,5}; \quad H = \frac{(D-d)}{2}; \quad C_3 = \frac{20,5}{11,9 + \left[\frac{D}{B} - \frac{|n-9|}{2} - 3 \right]}, \end{aligned}$$

где D, B – наружный диаметр и ширина профиля шины, [м];

d – посадочный диаметр обода, [м];

H – высота профиля шины, [м];

n – норма слойности, [м].

В квадранте III представлено семейство гипербол, описывающих изменение максимального контактного давления на почву q_{max} в зависимости от контурной площади A_k и нормальной нагрузки на колесо F :

$$q_{\text{max}}^T = \frac{K_2 F}{K_1 A_k}, \quad (3.5)$$

где $K_2 = 1,5$ – коэффициент продольной неравномерности распределения давления;

K_1 – коэффициент приведения площади контакта шины колеса к условиям работы на почвенном основании, зависящий от диаметра колеса [77].

Чем меньше нагрузка F , тем ближе проходит гипербола к центру координат 0.

Номограмма, представляющая универсальную характеристику шины (3.2) в виде соответствующих уравнений (3.3), (3.4) и (3.5), приведена на рисунке 3.14.

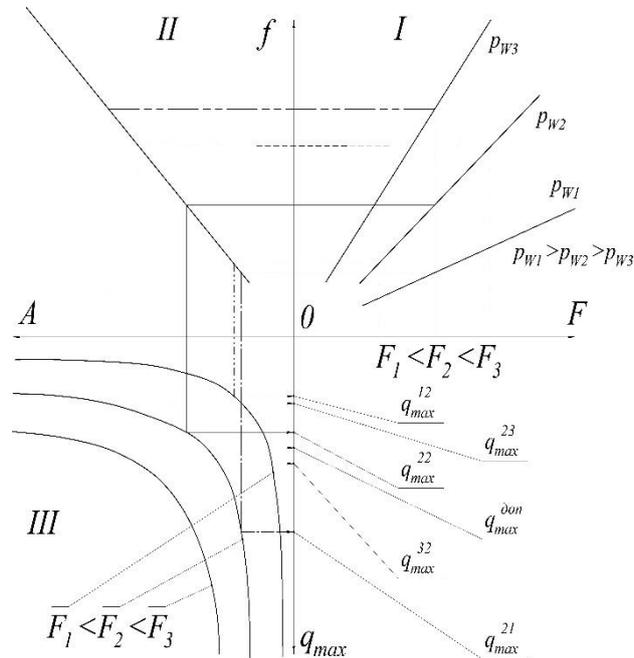


Рисунок 3.14 – Номограмма для определения влияния внутреннего давления воздуха в шине p_w и вертикальной нагрузки F на максимальное контактное давление q_{max}

В соответствии с универсальной характеристикой шины (3.2) представленная номограмма позволяет наглядно рассматривать влияние нагрузки F и внутреннего давления воздуха в шине p_w на величину максимального контактного давления. Так при постоянной нагрузке F_2 снижение внутреннего давления воздуха в шине от p_{w1} до p_{w3} позволяет уменьшить максимальное давление на почву от q_{max}^{21} (см. линия $- \cdot - \cdot -$) до q_{max}^{23} (см. линия \cdots).

При постоянном внутреннем давлении воздуха p_{w2} увеличение вертикальной нагрузки от F_1 (см. линия $- \cdot - \cdot -$) до F_3 (см. линия $-----$) максимальное контактное давление увеличивается от q_{max}^{12} до q_{max}^{32} (индексы при

максимальном давлении: первая цифра – уровень вертикальной нагрузки ($1 = F_1; 2 = F_2; 3 = F_3$), вторая цифра – уровень внутреннего давления воздуха в шинах ($1 = p_{w1}; 2 = p_{w2}; 3 = p_{w3}$).

Практическая применимость предложенного способа оценки и регулирования максимального контактного давления колесного движителя на опорное основание рассмотрена на примере универсально-пропашного колесного трактора тягового класса 1,4 (Беларус 82.1), являющегося в тракторном парке Российской Федерации наиболее массовым [78], при его оснащении двумя типами шин для задних ведущих колес (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Принятые исходные данные по трактору тягового класса 1,4 для расчета максимального контактного давления (Беларус 82.1)

Наименование показателя, обозначения	Размерность	Значения показателя	
Масса трактора эксплуатационная	кг	4000,0	
Размер задней шины		15,5R38	16,9R38
Вертикальная нагрузка на заднюю шину, F	кН	15,0	
Внутреннее давление воздуха (в задней шине), P_w	кПа	150,0	
Посадочный диаметр обода, d	м	0,965	0,965
Наружный диаметр, D	м	1,570	1,675
Ширина профиля, B	м	0,394	0,429
Высота профиля, H	м	0,303	0,355
Норма слойности	м	8	8
Статический радиус, r_0	м	0,730	0,750
Допустимый статистический прогиб, $[f]$	м	0,055	0,088

Нормы нагрузок и давление в шинах 15,5R38 и 16,9R38 [79] (таблица 3.9), позволяют представить наглядно совмещение нагрузки шин с исходным рабочим режимом $F = 15\text{кН}$ при $P_w = 150\text{кПа}$ (рисунок 3.15).

Таблица 3.9 – Нормы нагрузок и давлений в шинах для выбора режима работы шин при различных условиях эксплуатации

Обозначения шины	Норма слоя исти	Нагрузка на шину, кН (кгс) при скорости до 30 км/ч, при давлении, кПа										
		60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
15,5R38	8			13,92 (1420)	14,90 (1520)	15,88 (1620)	16,81 (1715)	17,74 (1810)	18,38 (1875)	19,36 (1975)	20,14 (2055)	20,78 (2120)
16,9R38	8	12,74 (1300)	14,70 (1500)	16,66 (1700)	17,74 (1810)	18,82 (1920)	19,29 (2030)	20,97 (2140)	22,00 (2245)	23,08 (2355)	24,16 (2465)	25,24 (2575)

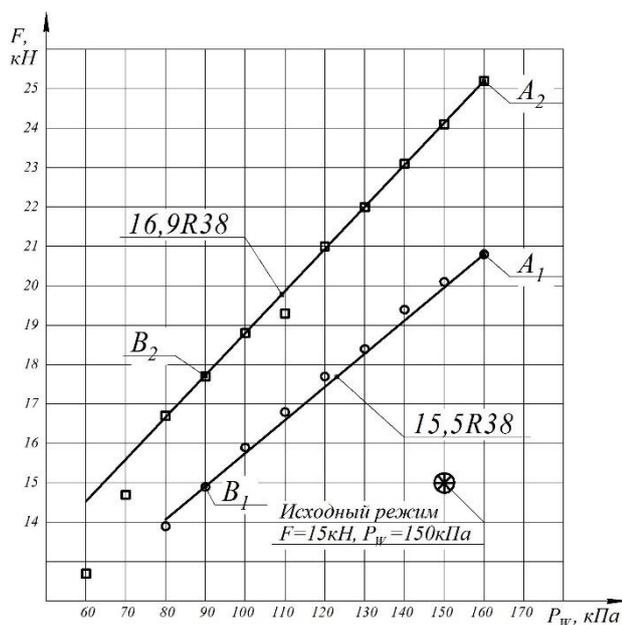


Рисунок 3.15 – Нормы нагрузок F и давлений P_w в шинах 15,5R38 и 16,9R38

Для определения постоянных коэффициентов C_1 и C_2 , входящих в формулу (3.3), в соответствии с рекомендациями [76] построены универсальные характеристики выбранных шин (таблица 3.10, рисунок 3.16) в диапазоне изменения внутреннего давления воздуха от 160 кПа (точки

A_1 и A_2), $p_w =$ до 90 кПа (точки B_1 и B_2). При расчете универсальных характеристик использованы следующие соотношения:

$$p_o = 16,7 \cdot n \left(\sqrt{\frac{D}{B}} - 1,4 \right) - 28 \geq 0$$

(при $p_o < 0$ в расчетах принимаются $p_o = 0$).

$$[f] = \frac{D}{2} - r_o,$$

где r_o – статистический радиус.

Таблица 3.10 – Универсальная характеристика шин 15,5R38 (точки A'_1 и B'_1) и 16,9R38 (точки A'_2 и B'_2)

Показатель	Размерность	Тип шины			
		15,5		16,9	
		A'_1	B'_1	A'_2	B'_2
$\frac{[f]^2}{F}$	$\frac{м^2}{кН} \cdot 10^4$	1,50	2,12	3,06	4,38
$\frac{[f]}{p_w + p_o}$	$\frac{м}{кПа} \cdot 10^4$	2,42	3,68	4,27	6,0

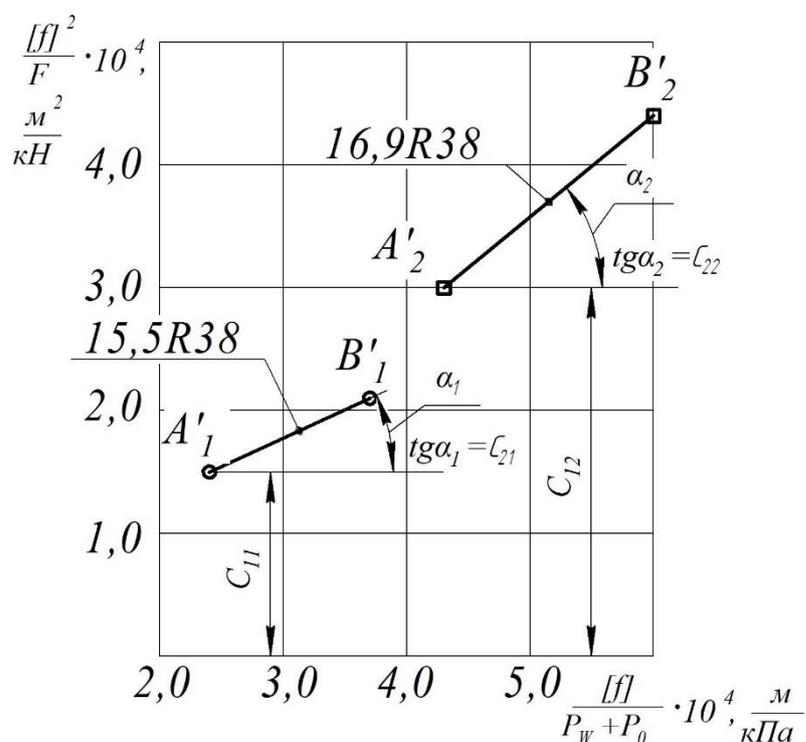


Рисунок 3.16 – Универсальные характеристики шин 15,5R38 и 16,9R38

Таблица 3.11 – Значения постоянных коэффициентов для определения прогиба шин f (формула 3.3) максимального контактного давления q_{\max} с учетом формулы 3

Наименование показателя	Размерность	Обозначение шины	
		15,5R38	16,9R38
C_1	$\frac{\text{м}^2}{\text{кН}} \cdot 10^4$	1,45	3,06
C_2	$\frac{1}{\text{м}} \cdot 10^4$	0,478	0,765
p_o	кПа	51,50	48,95
C_3	-	1,655	1,666
K_1	-	1,1	1,1

Постоянные коэффициенты, входящие в формулы (3.3) и (3.4), представленные в таблице 3.11, позволяют в соответствии с предложенной структурой номограммы (рисунок 3.15) произвести расчетное определение прогиба шин f и соответствующих значений максимального контактного давления q_{\max} (таблица 3.12, рисунок 3.17).

Таблица 3.12 – Изменения прогиба шины f и максимального контактного давления q_{\max} в зависимости от внутреннего давления воздуха p_w в шинах 15,5R38 и 16,9R38 при постоянной вертикальной нагрузке $F = 15$ кН

Показатель	Размерность	Внутреннее давление воздуха					
		150	140	130	120	110	100
p_w	кПа						
15,5R38							
f_1	м	0,068	0,069	0,071	0,072	0,0738	0,076
q_{\max}	кПа	135,07	133,22	129,84	128,21	125,46	122,09
16,9R38							
f_1	м	0,1024	0,1054	0,1071	0,1100	0,1127	0,1164
q_{\max}	кПа	83,88	81,90	80,77	78,96	77,32	75,18

Проведенные расчеты показывают, что изменение внутреннего давления воздуха с $p_w = 150$ кПа до $p_w = 100$ кПа позволяет для шины 15,5R38 уменьшить максимальное контактное давление q_{\max} на 12,98 кПа (9,6%) со 135,07 кПа до 122,09 кПа, что соответствует допустимому уровню давления на

почву при влажности почвы в слое 0-30 см 0,5 НВ – 0,6 НВ в весенний период и влажности 0,6 НВ – 0,7 НВ в осенний период.

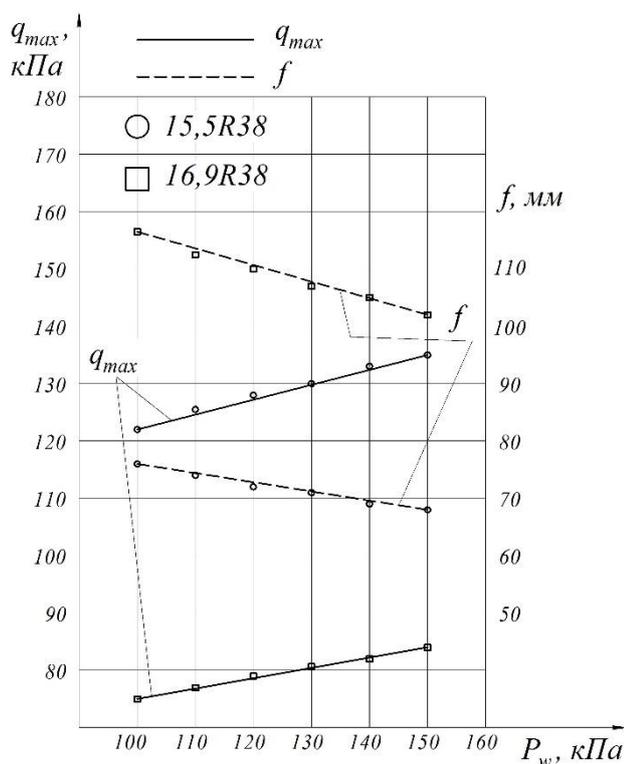


Рисунок 3.17 – Зависимость изменения максимального контактного давления q_{max} и прогиба шины f от внутришинного давления p_w в шинах 15,5R38 и 16,9R38 при постоянной вертикальной нагрузке $F = 15$ кН

В случае применения шины 16,9R38 максимальное давление уменьшается $q_{max}=83,88$ кПа до $q_{max}=75,18$ кПа, т.е. на 10,4%, причем допустимые нормы соответственно смещаются из диапазона влажности почвы 0,7 НВ – 0,8 НВ в диапазон свыше 0,8 НВ [76].

При практической реализации данного метода необходимо учитывать влияние вертикальной нагрузки на устойчивость движения мобильного энергетического средства и комфорт работы оператора [72, 73].

Полученные диапазоны снижения максимального контактного давления позволяют считать предложенный метод, основанный на использовании универсальной характеристики шины для определения и регулирования данного параметра, применимым с целью обеспечения требований норм воздействия на почву движителей сельскохозяйственной техники [80].

Представленная номограмма при наличии экспериментально определенных для конкретной шины коэффициентов $C_1 \left[\frac{\text{М}^2}{\text{кН}} \right]$, $C_2 \left[\frac{1}{\text{М}} \right]$ и $p_0 [\text{кПа}]$ (либо рассчитанных по рекомендациям [75]) и установленным в соответствии с [80] максимальным допустимым давлением $q_{\text{max}}^{\text{доп}}$ (см. рисунок 3.20, линию —) позволяет создать информационное поле для разработки системы контроля и регулирования максимального контактного давления колесного движителя на почву путем измерения прогиба шины и регулированием его с помощью изменения давления в шинах P_w .

3.5.3 Согласование тягово-сцепных качеств движителей сельскохозяйственных тракторов с допустимым максимальным давлением на почву

Результаты НИР, проведенные в ВИМе при участии автора [42], использованы в данном подпункте и опубликованы в [53].

Современное высокомеханизованное сельскохозяйственное производство характеризуется несовместимостью одновременной реализацией требований экологических организаций максимального давления движителей сельскохозяйственной мобильной техники на почву (ГОСТ Р 58655-2019 заменяющий ГОСТ 26955-86) и возможностей повышения энергонасыщенности тракторов при оснащении их существующими колесными движителями (ГОСТ 27021-86) [81-83, 43].

Для решения данной проблемы необходимо провести углубленные эксперименты с целью выявления влияния коэффициента продольной неравномерности распределения давления по площади контакта шины (K_2) на коэффициент использования сцепного веса φ_c при заданных значениях максимального буксования (δ_{max}) и максимальном контактном давлении (q_{max}) [42, 53].

Согласование максимального давления (q_{max}) на почву с допустимыми нормами, коэффициентами использования сцепного веса (φ_c) и уровнем

энергонасыщенности предлагается выполнять с использованием расчетного метода, изложенного в ГОСТ Р 58656-2019, заменяющий ГОСТ 26953-86, при дополнении результатами фактических тяговых испытаний современных колесных и гусеничных движителей [42, 53].

В ходе проведенных исследований установлено, что во время весенних полевых работ по закрытию влаги и посеву пропашных, самый массовый универсально-пропашной трактор Беларусь 1020 создает максимальное давление 150 кПа (рисунок 3.18), что на 70 кПа превышает допустимое значение максимального давления на почву 80 кПа, установленного для всех типов почв, что приводит к недобору урожая [84].

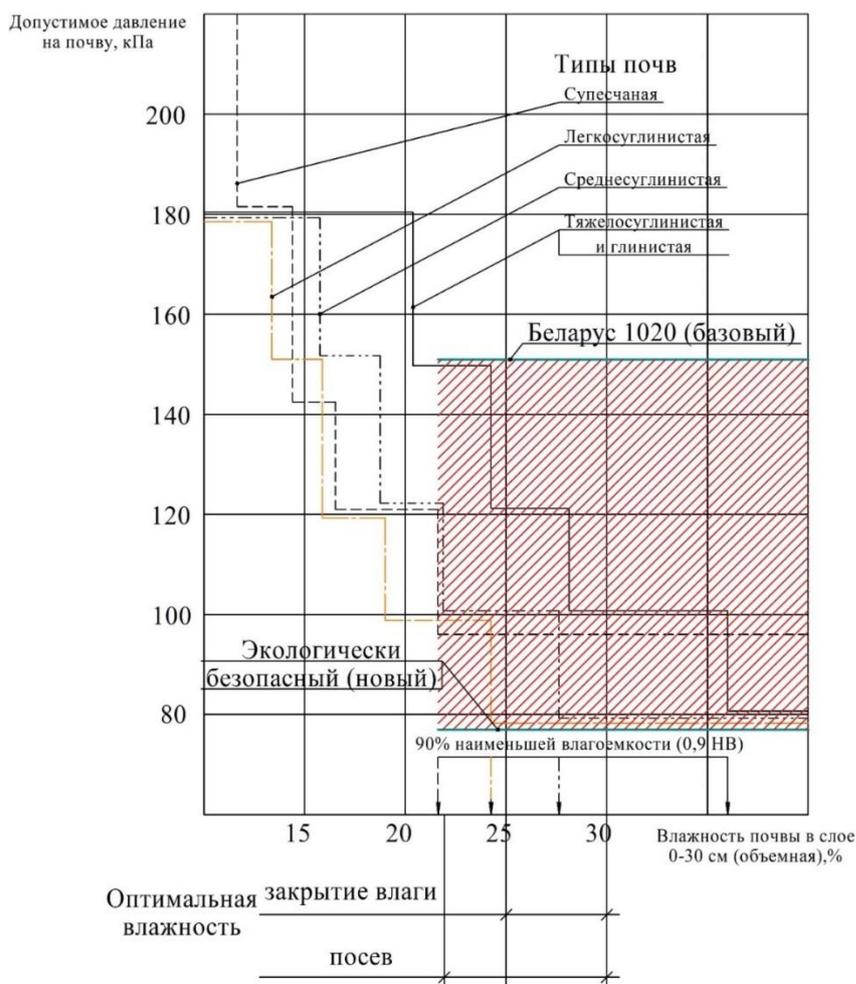


Рисунок 3.18 – Максимальное допустимое давление на почву в весенний период проведения основных технологических операций

С учетом ранее полученных результатов, [83, 85-91] рассмотрим возможность уменьшения максимального давления трактора, исходя из рисунка 3.19 и формулы (3.6), которую получим с учетом, что

$$q_{\max}^k = \bar{q}_k \cdot K_2;$$

где $K_2 = 1,5$ коэффициент продольной неравномерности распределения давления по опорной площади контакта шины с почвой [84].

Примечание – для новых высокоэластичных шин K_2 может быть уточнен при определении по методике, согласованной с представителями потребителя, заказчика и разработчика шин. (ГОСТ Р 58656 – 2019, заменяющий ГОСТ 26953-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву).

$$\bar{q}_k = \frac{G_k}{F_{\text{кп}}};$$

где G_k – масса, создающая статическую нагрузку на почву единичным колесным движителем; $F_{\text{кп}}$ – площадь контакта колеса с почвой, м^2

$$\text{тогда: } q_{\max}^k = \frac{G_k}{F_{\text{кп}}} \cdot K_2 \quad (3.6)$$

При этом коэффициент использования сцепного веса (КИСВ) исходя из таблица 3.13 (испытания шин фирмы ЛИМ), принимаем $\varphi_c^A = 0,5$, где φ_c^A – КИСВ агрофильных шин, вместо $\varphi_c^0 = 0,39$ где φ_c^0 – КИСВ ординарных шин, соответствующих старому ГОСТ 27021-86.

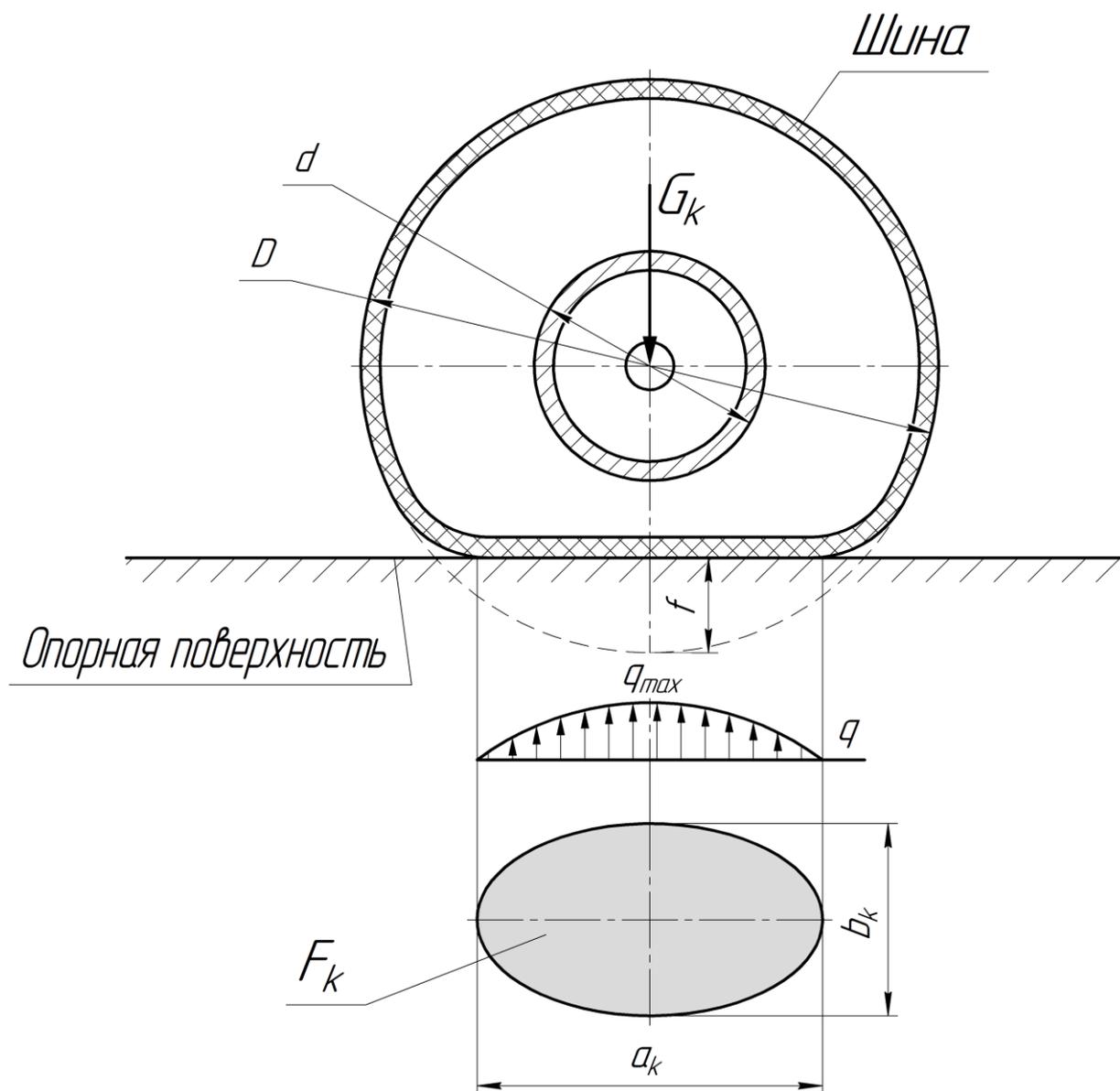


Рисунок 3.19 – Схема деформации пневматической шины колеса при статических испытаниях:

f – нормальный прогиб шины, м; D – наружный диаметр шины, м; d – посадочный диаметр обода, м; b_k – ширина пятна контакта, м; a_k – длина пятна контакта, м; F_k – контурная площадь контакта протектора шины, м²; q_{max}^k – максимальное нормальное давление, кПа; G_k – статическая вертикальная нагрузка на колесо, кН; \bar{q}_k – среднее давление колесного движителя на почву.

Таблица 3.13 – Тяговые показатели трактора Т-150К с различными шинами

Марка трактора и его комплектация	Эксплуатационная масса, кг	Передаточная трактора	Максимальная тяговая мощность, кВт (лс)	Показатели при наибольшей тяговой мощности			Буксование, %	Коэффициент использования сцепного веса (КИСВ)	Условный тяговый КПД
				сила тяги, кН (кгс)	Скорость км/час	удельный расход топлива, г/кВт-ч (г/лсч)			
Стерня ярового ячменя									
Т-150К на обычных шинах ФД-14А 21,3R24	7970	2-1	65,2	38,5(3	6,1	426(3	23,4	0,493	0,529
		2-2	(88,7)	925)	6,5	13)	23,4	0,493	0,564
		2-3	69,5(94,5)	38,5(3	8,1	423(3	18,6	0,454	0,639
		2-4	78,8(107,1)	925)	11,3	11)	11,2	0,339	0,675
			83,2(113)	35,0(3		378(2			
				570)		78)			
				26,5(2		353(2			
				700)		60)			
Т-150К на двойных шинах ФД-14А 21,3R24	9000	2-1	71,2(96,7)	42,0(4	6,1	416(3	24,4	0,476	0,578
		2-2	79,1(107,6)	280)	7,3	06)	19,6	0,442	0,642
		2-3	6)	39,0(3	8,5	382(2	12,8	0,386	0,655
		2-4	80,8(109,2)	980)	11,1	81)	11,2	0,306	0,676
			83,3(113,1)	34,0(3		364(2			
				470)		69)			
				27,0(2		331(2			
				750)		44)			
Т-150К на олигомерных (агрофильных) шинах 66х43-25 фирмы «ЛИМ»	8890	1-4	86,2(117,1)	47,0(4	6,6	336(2	13,2	0,539	0,699
		2-1	1)	790)	8,0	47)	9,4	0,493	0,775
		2-2	95,6(129,8)	43,0(4	9,1	312(2	6,4	0,448	0,799
		2-3	8)	380)	10,5	30)	3,8	0,372	0,769
			98,6(134,1)	39,0(3		304(2			
				980)		24)			
			94,8(128,7)	32,5(3		298(2			
				310)		20)			

Одновременно полагаем, что $k_2^A=1,2$, где k_2^A – коэффициент неравномерности агрофильных шин, вместо $k_2^0=1,5$ где k_2^0 – КИСВ обычных шин.

Принципиальным условием замены обычных шин при $\varphi_c^0=0,39$ на агрофильные при $\varphi_c^A = 0,5$ является сохранение постоянным, создаваемого трактором, тягового усилия:

$$P_{кр} = \text{Const}, \quad (3.7)$$

которое в соответствии с определением КИСВ определяется по формуле:

$$P_{кр} = G_k^0 \cdot \varphi_c^0 = G_k^A \cdot \varphi_c^A \quad (3.8)$$

где G_k^o – сцепной вес трактора на ординарных шинах,
 G_k^A – сцепной вес трактора на агрофильных шинах.
 Исходя из того, что $G_k^o = 36 \text{ кН}$ (Беларусь 1020):

$$G_k^A = \frac{G_k^o \cdot \varphi_c^o}{\varphi_c^A} = \frac{36 \cdot 0,39}{0,5} = 28 \text{ кН}$$

Исходя из формулы (3.6) найдем, что:

$$\frac{q_{max}^o}{q_{max}^A} = \frac{K_2^o \cdot G_k^o \cdot F_k^o}{K_2^A \cdot G_k^A \cdot F_k^A}$$

Откуда, с учетом требований по уменьшению максимального давления на почву рисунок 3.23 получаем

$$\frac{q_{max}^o}{q_{max}^A} = \frac{150 \text{ кПа}}{80 \text{ кПа}} = 1,88$$

При заданных $K_2^o, K_2^A, G_k^o, G_k^A$ определим:

$$1,88 = \frac{1,5 \cdot 36 \cdot F_k^A}{1,2 \cdot 28 \cdot F_k^o}$$

откуда $F_k^A = 1,16 \cdot F_k^o$,

Примечание - Индексы: О – ординарный, А – агрофильный.

Схематично масштаб увеличения F_k^A по сравнению с F_k^o показан на рисунок 3.20, а последовательность действий по уменьшению максимального давления на почву представлена на номограмме (рисунок 3.21).

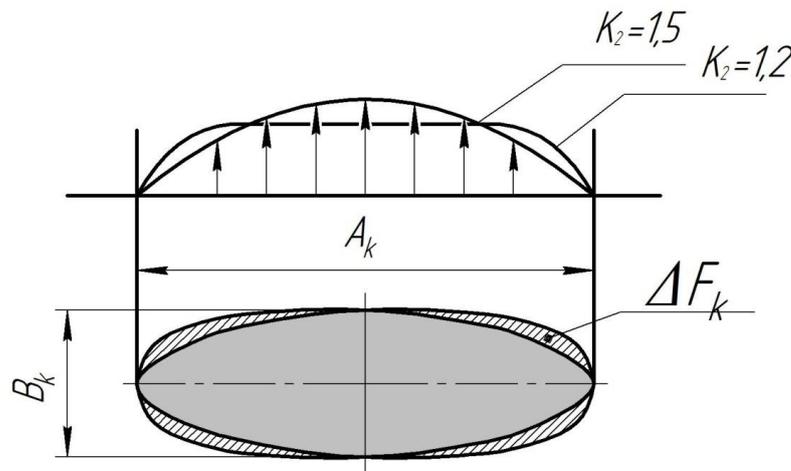


Рисунок 3.20 – Необходимое увеличение площади пятна контакта на 16% при уменьшении коэффициента продольной неравномерности:

A_k – длина пятна контакта, м; B_k – ширина пятна контакта, м; ΔF_k – увеличение площади пятна контакта при $k_2=1,2$, м^2 .

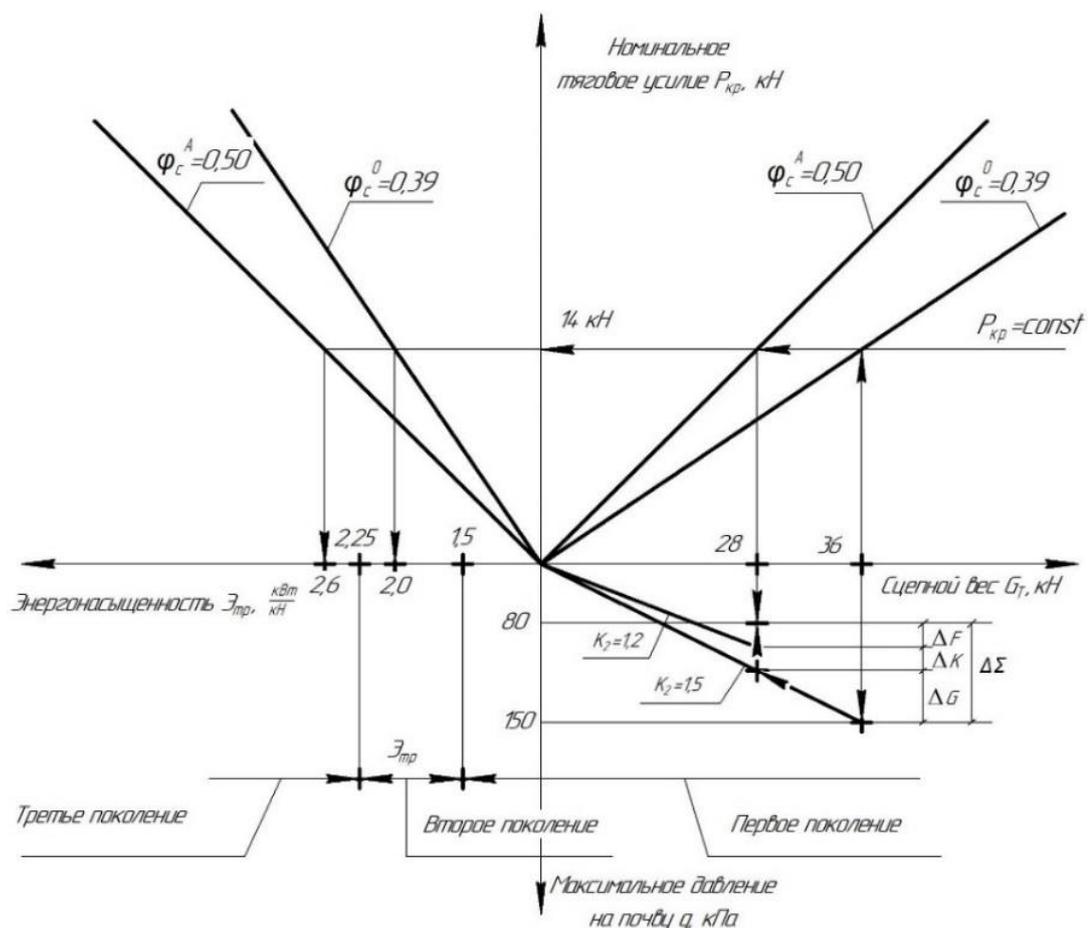


Рисунок 3.21 – Согласование максимального давления q на почву с допустимыми нормами, коэффициентами использования сцепного веса φ_c и уровнем энергонасыщенности $\mathcal{E}_{тр}$.

На номограмме (рисунок 3.21) графически представлено уменьшение максимального давления q на почву со 150 кПа до 80 кПа ($\Delta\Sigma$) при увеличении коэффициента использования сцепного веса φ_c с 0,39 до 0,50 за счет уменьшения сцепного веса с 36 кН до 28 кН, уменьшения коэффициента продольной неравномерности K_2 с 1,5 до 1,2 – ΔK , увеличения площади контакта шины на 16% – ΔF при постоянном тяговом усилии $P_{кр} = 14$ кН и увеличении энергонасыщенности $\mathcal{E}_{тр}$ с $2,0 \frac{\text{кВт}}{\text{кН}}$ до $2,6 \frac{\text{кВт}}{\text{кН}}$, соответствующей тракторам третьего поколения по квалификации профессора Кутькова Г.М.

Обобщая результаты исследований в качестве агрофильного направления, обеспечивающего выполнение норм воздействия на почву, и положительно решая проблемы энергонасыщенности, можно в соответствии с

таблицей 3.14 рекомендовать развитие ходовых систем с обеспечением достижения коэффициента использования сцепного веса $\varphi_c=0,5$ (шина сверхнизкого давления), $\varphi_c=0,6$ (РМШ с торсионной подвеской) и $\varphi_c=0,7$ (РАГ).

Таблица 3.14 – Существующие и рекомендуемые характеристики ХОДОВЫХ СИСТЕМ

Показатели	Тяговая концепция (ГОСТ 27021-86)		Агрофильная концепция (ГОСТ 26955-86)		
	Колесная схема 4К4а	Гусеничная схема	Колесо с шиной сверхнизкого давления	Гусеница	
				РАГ* с комбинированным фрикционно-цевочным зацеплением	Металлическая с РМШ** и торсионной подвеской опорных катков
Коэффициент использования сцепного веса	0,39	0,49	0,50	0,70	0,60
Допустимое буксирование, не более, %	16	5	10	3	3
Максимальное давление на почву, кПа	150,0	110,0	80,0	80,0	80,0
Допустимое максимальное давление, кПа	80,0				

* РАГ – резиноармированная гусеница,

** РМШ – резинометаллический шарнир

Проведенные исследования с учетом имеющихся данных [92] о тяговых испытаниях гусеничного трактора Т-250 (таблица 3.15) позволят включить агрофильную концепцию, соответствующую таблице 3.14, с гипотетической (предполагаемой) зависимостью коэффициента использования сцепного веса φ_c от коэффициента продольной неравномерности K_2 (рисунок 3.22), в пересматриваемый ГОСТ 27021-86 «Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы» в виде рекомендаций.

Таблица 3.15 – Основные показатели тяговой характеристики гусеничного трактора Т-250

Основные показатели трактора						
Почвенный фон	Стерня озимой пшеницы					
Эксплуатационная масса, кг	13200					
Передача	1-3	1-4	II-1	II-2	II-3	II-4
Максимальная тяговая мощность, кВт	151,7	149,0	148,94	147,95	147,25	142,5
Тяговое усилие, кН	97,5	87,0	75,0	61,0	51,0	47,5
Скорость, км/час	3,6	6,2	7,15	7,95	9,3	7,8
Буксование, %	6,2	2,9	1,7	1,5	1,2	0,9
Условный тяговый КПД	0,809	0,799	0,794	0,789	0,785	0,760
Коэффициент использования сцепного веса	0,74	0,66	0,57	0,46	0,39	0,36

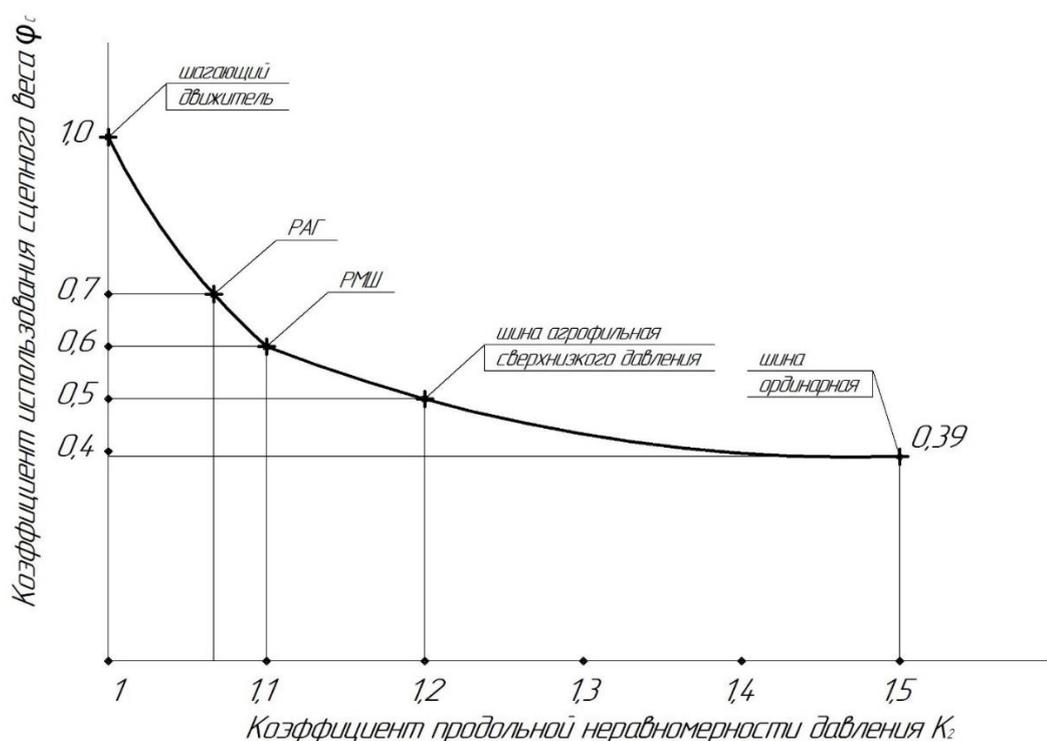


Рисунок 3.22 – Обобщенная гипотетическая, предполагаемая зависимость коэффициента использования сцепного веса φ_c от коэффициента продольной неравномерности:

1 – шагающий движитель, 2 – РАГ, 3 – шина агрофильная сверхнизкого давления, 4 – шина ординарная.

Номинальное тяговое усилие трактора $P_{кр\ ном}$ в килоньютонах определяют по формуле

$$P_{кр ном} = A \cdot m_{э},$$

где A – коэффициент, устанавливаемый в зависимости от вида трактора;

$m_{э}$ – эксплуатационная масса трактора, кг.

Коэффициент $A \left[\frac{\text{кН}}{\text{кг}} \right]$ принимают равным:

для сельскохозяйственных тракторов:

$3,24 \cdot 10^{-3}$ – для тракторов с эксплуатационной массой до 2600 кг;

$3,73 \cdot 10^{-3}$ – для четырех- и трехколесных тракторов с двумя ведущими колесами (4К2 и 3К2) с эксплуатационной массой свыше 2600 кг;

-для четырехколесных тракторов с четырьмя ведущими колесами (4К4) и эксплуатационной массой свыше 2600 кг:

$3,92 \cdot 10^{-3}$ – с шинами ординарной концепции;

$5,00 \cdot 10^{-3}$ – с шинами сверхнизкого давления;

-для гусеничных тракторов:

$4,9 \cdot 10^{-3}$ – с гусеницей ординарной концепции;

$6,0 \cdot 10^{-3}$ – с гусеницей РМШ, катки с торсионной подвеской;

$7,0 \cdot 10^{-3}$ – РАГ с комбинированной фрикционно-цепочной системой передачи усилия

для лесохозяйственных тракторов:

$4,4 \cdot 10^{-3}$ – для гусеничных;

$3,4 \cdot 10^{-3}$ – для колесных.

При отсутствии данных для определения эксплуатационной массы ее принимают равной:

1,15 – значения конструкционной массы для колесных тракторов;

1,08 – значения конструкционной массы для гусениц.

Выводы по главе 3

1. Предложена обобщающая структура сложившихся научных основ создания мобильных энергетических средств, состоящая из 12 разделов, которые включают 52 направления.

2. Разработано технологическое направление развитие сельскохозяйственных мобильных энергетических средств на основе цифровизации, которое нацелено на повышение энергоэффективности и экологической безопасности в полном жизненном цикле за счет уменьшения конструкционной массы, расхода топлива и повышения производительности.

3. Разработаны исходные требования на семейства блочно-модульных энергетических средств класса 0,6-0,9 и колесно-гусеничных экологически безопасных тракторов классов 1,4 и 2-3, которые позволяют снизить общие затраты энергии на выполнение единицы полезной работы в 1,3-1,5 раза при соблюдении требований экологической безопасности во всем спектре выполняемых работ.

4. Разработанное дополнение к теории трактора при его работе как модульного энерготехнологического средства позволяет определить максимальное значение КПД ходовой части 0,75 при кинематическом несоответствии первого 1,06...1,08, и третьего 1,02...1,06 относительно второго.

5. Разработанный экспериментально-теоретический метод оценки максимального контактного давления на почву позволяет определять его в зависимости от прогиба и внутреннего давления воздуха в шинах.

6. Предложенная методика согласования энергетических и экологических показателей трактора позволяет обосновать параметры экологически безопасных тракторов: максимальное давление на почву – 80 кПа, коэффициент использования сцепного веса – 0,5 и уровень энергонасыщенности – 2,6 кВт/кН.

4 ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПАЖА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

4.1 Формирование типажа тракторов по назначению

Замена живой тяги на механизированные средства сельскохозяйственного производства непосредственно связана с энергетической основой полевых и стационарных агрегатов – трактором.

В зависимости от этапов развития механизации сельского хозяйства выстраивался ряд отечественных тракторов по области применения, назначению, специализации, типу движителя (ходовой части).

В этом процессе развития тракторной техники ВИМ занимал и занимает ведущую роль, выполняя научное обоснование параметров и разработку исходных (агрозоотехнических) требований на создание соответствующих типов тракторов.

По области применения: сельскохозяйственный трактор для выполнения работ в растениеводстве и (или) животноводстве; лесохозяйственный трактор для выполнения работ по лесовозобновлению и уходу за лесом; сельскохозяйственный (лесохозяйственный) специализированный трактор для выполнения особого вида работ или работы в особых производственных условиях.

По назначению и специализации: уровни и этапы механизации, а также специфика возделываемых культур и выполненных работ потребовали создания 22 типов (видов) тракторов (таблица 4.1).

По типу движителя: сельскохозяйственный (лесохозяйственный) колесный трактор передвигается при помощи колесного движителя; сельскохозяйственный (лесохозяйственный) гусеничный трактор, передвигающийся при помощи гусеничного движителя; сельскохозяйственный (лесохозяйственный) полугусеничный трактор, передвигающийся при помощи гусеничного и колесного движителя одновременно; сельскохозяйственный (лесохозяйственный) колесно-

гусеничный трактор, имеющий гусеничный и колесный движители и передвигающийся при помощи только гусеничного или только колесного движителя (рисунок 4.1).

Таблица 4.1 – Виды сельскохозяйственных тракторов по назначению и специализации

Трактор (термин)	Определение
Сельскохозяйственный трактор общего назначения	Сельскохозяйственный трактор для выполнения работ в растениеводстве и кормопроизводстве, исключая обработку пропашных культур
Универсальный трактор	Сельскохозяйственный трактор общего назначения, приспособленный также для обработки пропашных культур
Пропашной трактор	Сельскохозяйственный трактор для выполнения работ по возделыванию и уборке пропашных культур
Универсально-пропашной трактор	Пропашной трактор, приспособленный также для выполнения работ, производимых трактором общего назначения
Тракторное самоходное шасси	Универсально-пропашной трактор со свободной в межосевом пространстве рамой для установки навесных машин, предназначенный для выполнения работ по возделыванию и уборке пропашных культур, выращиваемых преимущественно узкорядным или узкосточным способом
Хлопководческий трактор	Сельскохозяйственный специализированный трактор для выполнения работ по возделыванию и уборке хлопка
Виноградниковый трактор	Сельскохозяйственный специализированный трактор для выполнения работ по возделыванию и уборке винограда
Овощеводческий трактор	Сельскохозяйственный специализированный трактор для выполнения работ по возделыванию и уборке овощей
Рисоводческий трактор	Сельскохозяйственный специализированный трактор для выполнения работ по возделыванию риса в чеках
Садоводческий трактор	Сельскохозяйственный специализированный трактор для выполнения работ по возделыванию и уборке садовых культур
Свекловодческий трактор	Сельскохозяйственный специализированный трактор для выполнения работ по возделыванию и уборке свеклы
Семеноводческий трактор	Сельскохозяйственный специализированный трактор для выполнения работ по возделыванию и уборке селекционных культур на опытных участках
Хмелеводческий трактор	Сельскохозяйственный специализированный трактор для выполнения работ по возделыванию и уборке хмеля

Трактор (термин)	Определение
Тепличный трактор	Сельскохозяйственный специализированный трактор для выполнения работ по возделыванию и уборке преимущественно овощных культур в закрытом грунте
Портальный трактор	Сельскохозяйственный специализированный трактор для выполнения работ по возделыванию кустарниковых культур
Табаководческий трактор	Сельскохозяйственный специализированный портальный трактор для выполнения работ по возделыванию и уборке табака
Чаеводческий трактор	Сельскохозяйственный специализированный портальный трактор для выполнения работ по возделыванию и уборке чая
Низкоклиренсный трактор	Сельскохозяйственный трактор для выполнения работ по кормопроизводству в горных условиях, а также отдельных работ в растениеводстве в равнинных условиях
Горный трактор	Сельскохозяйственный трактор для выполнения работ в растениеводстве и кормопроизводстве в горных условиях
Животноводческий трактор	Сельскохозяйственный трактор для выполнения работ по обслуживанию животноводческих ферм и кормопроизводству
Малогобаритный трактор	Сельскохозяйственный трактор для выполнения работ на мелкоконтурных участках, делянках, террасах и в коммунальном хозяйстве
Транспортный трактор	Сельскохозяйственный трактор с платформой для выполнения работ преимущественно по кормопроизводству и транспортированию кормов



Рисунок 4.1 – Классификация сельскохозяйственных тракторов

4.2 Основные производители тракторов в России с 1917 по 2010 гг.

На первом этапе отечественного тракторостроения (1917-1931 гг.) у российских инженеров не было конструкторского и производственного опыта в этой области. Поэтому заводы общего машиностроения, приступая к выпуску тракторов, ставили в основном на производство лучшие зарубежные модели.

Некоторые заводы пошли по пути создания конструкций тракторов «для русских условий» («Возрождение», «Красный прогресс» и Коломенский завод).

Конструкторы этих машин исходили из того, что при отсутствии подготовленных механизаторских кадров и ремонтной базы использование тракторов связано с большими трудностями. Руководствуясь этим, они пытались упростить конструкцию тракторов до такой степени, чтобы можно было наладить их обслуживание и ремонт в сельском хозяйстве, а изготовление – на заводах общего машиностроения.

Однако такое упрощение конструкции имело и отрицательные стороны.

По тяговым и экономическим показателям тракторы «для русских условий» уступали зарубежным машинам.

Когда для механизации сельского хозяйства потребовалось в сжатые сроки резко увеличить выпуск тракторов, правительством было принято решение о постановке на производство уже проверенных в наших условиях зарубежных моделей (тракторы СТЗ, ХТЗ, «Универсал» и ЧТЗ).

Широкомасштабное развитие тракторостроения, его темпы и объемы требовали развертывания поисковых научно-исследовательских работ. Необходимо было определить типаж тракторов, а также определить параметры массового трактора, разработать и освоить его конструкцию. Поэтому одновременно с созданием советской тракторной промышленности организуется сеть научно-исследовательских учреждений, в том числе Научный автотракторный институт (НАТИ), Всесоюзный институт

сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ) и Всесоюзный институт механизации сельского хозяйства (ВИМ).

Выпуск большого количества тракторов позволил освоить методы их массового производства и накопить весьма ценный опыт по организации машиноиспользования в сельском хозяйстве.

В советский период на территории СССР функционировали и специализировались на выпуске тракторов Брянский автомобильный завод, Челябинский тракторный завод, Кировский завод (г. Ленинград), Алтайский тракторный завод, Онежский тракторный завод, Харьковский тракторный завод, Волгоградский тракторный завод, Павлодарский тракторный завод, Кишиневский тракторный завод, Минский тракторный завод, Южный машиностроительный завод, Липецкий тракторный завод, Ташкентский тракторный завод, Владимирский тракторный завод, Харьковский завод тракторных самоходных шасси, Кутаисский завод малогабаритных тракторов.

После распада Союза на территории Российской Федерации производством и поставкой тракторов на российский рынок сельскохозяйственной техники осуществляют «ВМТЗ» ОАО (г. Владимир), «ЧТЗ-Уралтрак» ОАО (г. Челябинск), ТК «ВгТЗ» ОАО (г. Волгоград), «Алтрак» ОАО (г. Рубцовск), «Липецкий трактор» ОАО (г. Липецк), «Промтрактор» ОАО (г. Чебоксары), «Онежский ТЗ» ОАО (г. Петрозаводск), «Сибзавод Трактор» ОАО (г. Омск), «Ногинский завод топливной аппаратуры» ОАО (г. Ногинск), «Петербургский ТЗ» ЗАО (г. Санкт-Петербург), «ЕлАЗ» ПО (г. Елабуга), «ПО Уралвагонзавод» ФГУП (Свердловская обл.).

Сборочным производством тракторов занимается «Орловская промышленная компания» (г. Орел), отдельные образцы тракторов изготавливал «КАМАЗ» (Набережные Челны).

4.3 Некоторые аспекты при обосновании типов и конструкций тракторной техники

Типы и конструктивные особенности тракторов тесно связаны с общим развитием механизации сельского хозяйства и в значительной степени определяют их.

Особенности конструкции, характерные размеры и свойства, придаваемые трактору, определяются, в первую очередь требованиями потребителями.

Однако требования эти не стабильны, ибо по мере того, как конструкторы, используя достижения науки и техники, стремятся полнее удовлетворить эти требования и создают более совершенные конструкции с более широкими возможностями, само появление этих конструкций вызывает к жизни новые более высокие требования, что приводит к дальнейшему процессу обновления конструкций.

Общие подходы к целесообразности создания новых типов и конструкций тракторов складываются с учетом решения следующих задач:

- анализ характерных изменений сельскохозяйственного производства, происходящих на соответствующем временном отрезке и долгосрочном периоде (прогноз);
- анализ изменений параметров и конструкций, происходящих в связи с изменениями сельскохозяйственного производства;
- оценка общих требований к тракторам и сопоставление их с возможностями развития техники и возможности (готовностью) сельскохозяйственного производства к принятию (освоению в эксплуатации) этой техники;
- анализ развития технических возможностей в тракторостроении и других отраслях и оценка применимости новейших достижений для совершенствования тракторов.

Решение первых трех задач принадлежала и принадлежит ВИМу, концентрирующему интересы и требования сельхозпотребителей. Во все

периоды (после создания института) ВИМ разрабатывал и определял техническую политику развития базовых средств механизации, включая тракторы, сельскохозяйственной отрасли страны.

Эти вопросы находили отражение в разрабатываемых ВИМом агротехнических требованиях, системах машин, прогнозах развития техники для растениеводства, записках и предложениях директивным органам страны.

Вне зависимости от степени развития механизации сельхозпроизводства разработанные ВИМ общие требования к конструкции тракторов сводились к решению трех проблем: повышение производительности труда, обеспечение высокого качества агротехники, снижение стоимости работ.

Реализовывались они через выполнение следующих требований:

1. Обеспечение возможностей повышения производительности через техническую способность выполнения большого объема работы за чистое время, сокращение потерь времени и улучшение организации работ (повороты, переключение передачи, заправка, техническое обслуживание, соединение с машинами и т.п.).

2. Обеспечение высокой надежности работы трактора и стабильности его регулировок.

3. Расширение шлейфа машин и универсализация тракторов.

4. Создание специальных тракторов с целью расширения сферы комплексной механизации сельхозпроизводства.

5. Повышение КПД энергоустановок и трактора в целом (экономия топлива).

6. Упрощение и удешевление конструкции трактора.

7. Обеспечение технологичности (минимизация воздействия на плодородие почвы и растения, наилучшие агротехнические условия работы машин-орудий).

8. Обеспечение эргономических требований (безопасные и комфортные условия работы водителя, удобство и легкость управления).

9. Обеспечение экологической безопасности.

В качестве обобщающих нормативных документов ВИМом разработаны исходные требования технологических операций к основным агротехническим показателям сельскохозяйственных тракторов [93].

4.4 Обзор существовавших Систем машин и типажей тракторов

Разнообразие почвенно-климатических и природно-экономических зон отечественного сельхозпроизводства не могло быть обеспечено одним типоразмером трактора.

С развитием комплексной механизации сельского хозяйства потребовалось системно решать вопросы организации производства тракторной техники и трактороснащенности сельхозпредприятий.

Оптимизация этого процесса осуществлялась через разработку двух основополагающих документов:

- типажей тракторов и тракторных двигателей;
- систем машин для комплексной механизации отечественного сельхозпроизводства.

Система машин представляет документ, содержащий обоснование главных направлений научно-технического прогресса в механизации растениеводства, животноводства и мелиоративных работ.

Эти направления раскрыты через технологические комплексы техники и номенклатуру машин, находящихся на производстве и создаваемых на перспективу.

Система машин определяет рост производительности труда, повышение урожайности сельскохозяйственных культур, снижение себестоимости получаемой продукции.

Типаж тракторов, самоходных шасси, двигателей и других агрегатов и узлов трактора называется минимально необходимая технически и экономически обоснованная совокупность этих машин или агрегатов, предусматриваемая для создания и производства в определенный период времени.

Целью разработки типажа тракторов является обеспечение с минимальными затратами общественного труда комплексной механизации сельхозпроизводства, а также удовлетворение требований других отраслей народного хозяйства, использующих тракторную технику.

Основные принципы построения перечня тракторов Системы машин и типажа тракторов базируются на классификации тракторов.

Тракторы классифицируются по назначению, по параметрическим и конструктивным признакам.

Классификация по параметрическим признакам и выбор основного классификационного показателя имеет существенное значение.

Для трактора таким параметром является тяговое усилие, которое определяет возможности агрегатирования трактора с машинами и орудиями, соответствующими данному трактору по тяговому сопротивлению.

Выбор тягового усилия в качестве основного параметра трактора дает то преимущество, что классы тракторов остаются стабильными независимо от повышения в известных пределах рабочих скоростей и мощности двигателя.

Класс трактора характеризуется номинальным тяговым усилием.

Методика определения номинального тягового усилия имеет принципиальное значение. Она постоянно уточнялась и совершенствовалась.

Принципиальная позиция ВИМ в этом вопросе нашла свое отражение в принятой в конце 60-х годов прошлого столетия формулировке понятия этого показателя [94], а в последующем в ГОСТе [95]: «Номинальное усилие трактора – усилие, которое трактор развивает на стерне средней плотности и номинальной влажности почвы (от 8 до 18%) в зоне максимального значения тягового КПД при эксплуатационной массе, предусмотренной технической характеристикой (для колесных тракторов с балластным грузом). При проверке номинального тягового усилия буксование принимают не более 18, 16 и 5% соответственно для колесных тракторов 4К2, 4К4 и гусеничных тракторов».

Существенный вклад в разработку методов определения тяговых показателей и типоразмерного ряда тракторов внесли сотрудники ВИМ [96] Поляк А.Я., Антышев Н.М., Русанов В.А., Савельев Г.С., Хорошенков В.К., Шевцов В.Г.

В результате широкомасштабных научно-исследовательских работ, подкрепленных практикой для условий России (ранее СССР), сложился и принят для системного развития следующих ряд тяговых классов тракторов и соответствующие им номинальные тяговые усилия:

Тяговый класс	Номинальное тяговое усилие, кН
0,2	от 1,8 до 5,4
0,6	св. 5,4 до 8,1
0,9	св. 8,1 до 12,6
1,4	св. 12,6 до 18,0
2	св. 18,0 до 27,0
3	св. 27,0 до 36,0
4	св. 36,0 до 45,0
5	св. 45,0 до 54,0
6	св. 54,0 до 72,0
8	св. 72,0 до 108,0

В историческом плане разработки типажей предшествовали разработке Систем машин. Это было вызвано политическими аспектами тракторизации страны и уровнями охвата средствами механизации производственных процессов в сельском хозяйстве.

В общей сложности было разработано 7 типажей и две концепции развития сельскохозяйственных тракторов и тракторного парка России (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Типажи тракторов и тракторных двигателей, разработанных в СССР и России

Типаж	Разработчик, год разработки	Классификационный параметр	Типоразмерный ряд	Примечание
1	2	3	4	5
1. Типаж тракторов, 1946 г. (реализован к 1956 г.)	Всесоюзное межведомственное совещание	Мощность, л.с.	12 (колесный) – 24 (колесный и гусеничный) – 36-52-70 (гусеничные)	Начало разработки 1941 г. (НАТИ). Окончательный вариант как компромиссное решение на основе предложений промышленности и сельского хозяйства
2. Проект типажа на 1955-1960 гг.	Межведомственная комиссия при активном участии НАТИ и ВИМ, 1955 г.	Тяговое усилие, тонна	0,6 (15 л.с.) – 0,9 (30 л.с.) – 1,4 (45 л.с.) – 2,0 (40 л.с.) – 3,0-4,0-5,5-8,5. Типаж включал 8 базовых моделей и 16 модификаций	Не был принят в связи с развертыванием с 1954 г. работы над «Системой машин» и поэтому работы над типажом затянулись в связи с выполнением ВИМ НИР по уточнению параметров тракторов
3. Типаж тракторов, самоходных шасси и двигателей ним на 1961-1965 гг.	НАТИ с участием ВИМ, 1955 г.	Тяговое усилие, тонна	Колесные универсальные 0,6 (20-24 л.с.) – 0,9 (35-40 л.с.) – 1,4 (50-60 л.с.). Горные самоходные шасси 0,2 (10 л.с.) – 0,6 (20 л.с.) – 0,9 (30 л.с.). Гусеничные общего назначения 2,0 (50 л.с.) – 3,0 (75 л.с.) – 4,0 (100 л.с.)	Одобен Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 26.05.60, № 563.

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5
4. Типаж тракторов на 1966-1970 гг.	НАТИ с участием ВИМ, 1965 г.	Тяговое усилие, тонна	Универсально-пропашные и специализированные промышленные: колесные 0,6 (20-24 л.с.) – 0,9 (40-50 л.с.) – 1,4 (50-80 л.с.). Гусеничные: 2,0 (50-80 л.с.). Общего назначения: колесные 3,0 (130 л.с.) – 5,0 (200-220 л.с.); гусеничные: 3,0 (70-90 л.с.) – 4,0 (110-130 л.с.) – 6,0 (140-160 л.с.)	
5. Типаж тракторов на 1971-1980 гг.	НАТИ, 1970 г.	Тяговое усилие, тонна	Универсально-пропашные и специализированные пропашные: колесные 0,6 (24-28 л.с.) – 0,9 (50 л.с.) – 1,4 (75-80 л.с.); гусеничные: 2,0 (50-80 л.с.). Общего назначения: гусеничные: 3,0 (75-90 л.с. и 110-120 л.с.; 150 л.с.) – 4,0 (130, 150, 170 л.с.) – 6,0 (140-160 л.с.); колесные 3,0 (165 л.с.) – 5,0 (200 л.с.); (280-300 л.с.)	Базой типажа были разработанные ВИМ агротехнические требования на создание массовых тракторов и перечень тракторов разработанной ВИМ «Системы машин...»
6. Типаж тракторов на 1981-1990 гг.	НАТИ, 1980 г.	Тяговое усилие, тонна	Универсальные, универсально-пропашные и специализированные пропашные: колесные 0,2 (10-12 л.с.) – 0,6 (25-30 л.с.) – 1,4 (75-80-100 л.с.); гусеничные: 2,0 (70-90-150 л.с.). Общего назначения: колесные 3,0 (165-200 л.с.) – 5,0 (270-300 л.с.) – 8,0 (500 л.с.); гусеничные: 3,0 (150-170-200 л.с. и 80-95 л.с.; 115-120 л.с.) – 4,0 (130 л.с.) – 5,0 (250 л.с.)	Основа – перечень тракторов, разработанной ВИМ «Системы тракторов...»

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5
7. Типаж тракторов на 1991- 2005 гг., включая промышленные модификации. Прогноз	НАТИ, 1983 г.	Тягово е усилие , тонна	Количество тяговых классов – 21; количество типоразмеров – 97; тяговые классы 0,2-100. Мощность тракторов, диапазоны – 15-1400 л.с.	
8. Концепция развития сельскохозяйственных тракторов и универсальных энергосредств на период до 2005 г.	МСХ РФ, РИА РФ, РАСХН, ВИМ, ВИСХОМ, НАТИ, 1994 г.	Тягово е усилие , тонна	Универсальные, универсально-пропашные и специализированные пропашные: колесные 0,2 (13 кВт) – 0,6 (22-30 кВт) – 0,9 (29, 37, 44, 59 кВт) – 1,4 (37, 44, 74, 88 кВт) – 2,0 (110 кВт); гусеничные: 2,0 (51 кВт); общего назначения: колесные 3,0 (125 кВт) – 5,0 (220 кВт); гусеничные: 3,0 (74 кВт) – 5,0 (184 кВт) – 8,0 (240 кВт)	Концепция одобрена Межведомственным экспертным советом по механизации растениеводства Минсельхоза России
9. Концепция развития сельскохозяйственных тракторов и тракторного парка России на период до 2010 г.	МСХ РФ, РАСХН, ВИМ, ВИСХОМ, НАТИ, ВНИПТИМЭС Х, 2002 г.	Тягово е усилие , тонна	Базовые модели и модификации сохранены по концепции до 2005 года. Типоразмерный ряд: 0,2-0,6-0,9-1,4-2,0-3,0-4,0-5,0-8,0	Концепция одобрена Россельхозакадемией и Международной научно-практической конференцией «Земледельческая механика в растениеводстве (декабрь 2001 г.)

Реализация типажей тракторов находила отражение в разрабатываемых Системах машин (таблица 4.3) с привязкой к почвенно-климатическим зонам и технологическими комплексами машин.

Таблица 4.3 – Перечни тракторов, включенные в Системы машин по отрасли «Растениеводство»

Система машин (СМ)	Раздел СМ	Типоразмеры тракторов, общее количество базовых моделей и модификаций	Разработчики раздела от ВИМ
1. Система машин на 1957-1965 гг.	2. Тракторы и самоходные шасси	Типоразмеры: 0,2–0,6–0,9–1,4–2,0–3,0–4,0–5,5–8,5. Общее количество базовых моделей и модификаций - 29	Соловейчик А.Г.
2. Система машин на 1966-1970 гг.	1. Тракторы, самоходные шасси и тяговые лебедки	Типоразмеры: 0,6–0,9–1,4–3,0–4,0–6,0. Общее количество моделей и модификаций – 34 (37 со специальными мелиоративными модификациями)	
3. Система машин на 1971-1975 гг.	1.1. Тракторы и самоходные шасси	Типоразмеры: 0,2–0,6–0,9–1,4–2,0–3,0–4,0–5,0–6,0. Общее количество базовых моделей и модификаций - 42	Поляк А.Я. Щупак А.Д. Антышев Н.М. Соловейчик А.Г.
4. Система машин на 1976-1990 гг.	1.1. Тракторы и самоходные шасси	Типоразмеры: 0,2–0,6–1,4–2,0–3,0–4,0–5,0–6,0–8,0. Общее количество моделей и модификаций - 51	Поляк А.Я. Антышев Н.М. Щупак А.Д. Кузнецов С.В.
5. Система машин на 1981-1990 гг.	1.1. Тракторы и самоходные шасси	Типоразмеры: 0,2–0,6–0,9–1,4–2,0–3,0–4,0–5,0–6,0–8,0. Общее количество моделей и модификаций - 55	Антышев Н.М. Поляк А.Я. Бычков Н.И.
6. Система машин на 1986-1995 гг.	1.1. Тракторы и самоходные шасси	Типоразмеры: 0,2–0,6–0,9–1,4–2,0–3,0–4,0–5,0–6,0–8,0. Общее количество моделей и модификаций - 58	Антышев Н.М. Поляк А.Я. Кузнецов С.В. Щупак А.Д.
7. Система машин на 1991-2000 гг.	1.1. Тракторы и самоходные шасси	Типоразмеры: 0,2–0,6–0,9–1,4–2,0–3,0–4,0–5,0–8,0. Общее количество моделей и модификаций - 55	Антышев Н.М. Бычков Н.И. Шевцов В.Г.
8. Система машин на 1995-2005 гг. (Федеральный регистр технических средств для производства продукции растениеводства)	Р01. Мобильные энергетические средства	Типоразмеры: 0,6–0,9–1,4–2,0–3,0–4,0–5,0–8,0. Общее количество моделей и модификаций - 62	Антышев Н.М. Шевцов В.Г.

4.5 Современная двухпараметрическая классификация типажа сельскохозяйственных тракторов и мобильных энергетических средств, согласованная с рядом предпочтительных чисел

Двухпараметрическая классификация разрабатывалась с учетом ряда работ и документов [80, 97-115].

Основу классификации сельскохозяйственных тракторов составляют 11 тяговых классов от 0,1 до 8 с регламентированным по ГОСТ 27021-86 (кроме класса 0,1) номинальным тяговым усилием. Вторым классификационным параметром принята мощность номинальная по ISO 14396 или эксплуатационная по ГОСТ 18509 тракторного двигателя, разделенная в диапазоне от 3 до 400 кВт эксплуатационной мощности на 12 разрядов. Совместно с эксплуатационной массой трактора эксплуатационная мощность определяет энергонасыщенность (удельную материалоемкость) трактора, являющуюся определяющим показателем для разделения тяговой и тягово-энергетических концепций использования мощности двигателя [88, 36].

Необходимо учитывать, что в связи с особенностями методик определения номинальная мощность по ISO 14396 превышает эксплуатационную мощность по ГОСТ 18509 на 10-12%, в то время как удельный расход топлива при номинальной мощности на 10-12% меньше удельного расхода при эксплуатационной мощности [88, 36].

Расширение состава типажа за счет малогабаритной техники связано со сложившейся структурой сельскохозяйственных товаропроизводителей, в соответствии с которой 25% продукции сельского хозяйства производится в хозяйствах населения, основу которых составляют 16,2 млн. личных подсобных хозяйств, имеющих средний размер приусадебного участка 0,3 га и средний размер полевого земельного участка 0,8 га.

Зафиксированная динамика структуры продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств с 1992 г. по 2023 г. и ее прогноз показывает, что проблемы продовольственной независимости до 2030 года не могут быть

решены без хозяйств населения и этот вынужденный малопродуктивный вид производства сохранится и в этот период.

В настоящее время одним из основных вопросов развития производства сельскохозяйственной продукции является научно-обоснованный выбор типажа применяемых сельскохозяйственных тракторов и машин [116-119]. Это связано с общим ростом числа различных транспортных и технологических операций, выполняемых машинно-тракторными агрегатами и повышением уровня механизации и энергообеспечения механизированных сельскохозяйственных работ [85, 120-121]. В работе [122] предложены типоразмерные ряды тягово-мощностных показателей, образующих в общей сложности семь классов для колесных и пять классов для гусеничных тракторов. При этом, предлагается в первом случае семь классов мощности подразделить на пять классов для колесных тракторов типа 4К4а и на четыре класса для типа 4К4б.

Следует отметить, что предложенные типоразмерные ряды не являются какими-либо стандартными рядами, рекомендованными ИСО или другими международными стандартами. Поэтому использование предложенного в [122] типажа с/х затрудняет адекватный сравнительный анализ вышеназванных показателей зарубежных и отечественных тракторов и не способствует повышению конкурентоспособности последних. В настоящей работе предлагается один из возможных подходов к выбору типажа отечественных с/х тракторов, основанный на использовании типоразмерных рядов, рекомендованных ИСО (ГОСТ 8032-84).

Система предпочтительных чисел является теоретической базой стандартизации. Применение упорядоченных чисел, представляющих собой ряды предпочтительных чисел, позволяет сократить номенклатуру типоразмеров изделий, создать условия для взаимозаменяемости, широкой унификации деталей и узлов и способствовать агрегатированию, а также выбирать рациональные параметры процессов производства.

Применение рядов предпочтительных чисел представляет собой параметрическую стандартизацию, которая позволяет получить значительный эффект на всех стадиях жизненного цикла изделий (проектирование, изготовление, эксплуатация и др.).

Ряды предпочтительных чисел, применяемые в стандартизации, строятся на базе математических закономерностей. Наибольшее распространение получили ряды предпочтительных чисел, представленные в ГОСТ 8032-84, который разработан на основе рекомендаций ИСО.

Стандартом установлены четыре основных десятичных ряда предпочтительных чисел R5, R10, R20, R40. В технически обоснованных случаях допускается применение двух дополнительных рядов R80 и R160.

Ряды построены по правилу геометрической прогрессии. Она представляет собой ряд чисел с постоянным отношением двух соседних чисел – знаменателем прогрессии Q . Каждый член прогрессии является произведением предыдущего члена на Q .

Знаменатель прогрессии равен корню из 10 степеней 5, 10, 20 и 40 соответственно. Например, ряд R5 составляют числа: ... 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40 ... знаменатель геометрической прогрессии равен 1,6. Ряд R10 состоит из чисел: ... 0,63; 0,80; 1,00; 1,25; 1,60; 2,00; 2,50; 3,15; 4,00; 5,00; 6,30; 8,00; 10,0; 12,5 ..., здесь знаменатель прогрессии равен 1,25. Другие ряды имеют следующие значения знаменателей: R20 – 1,12; R40 – 1,06; R80 – 1,03; R160 – 1,015.

Общая методология выбора необходимых рядов основных показателей тракторов включает следующие этапы:

- определение основного (базового) показателя, функционально связанного с множеством остальных показателей;
- оценка функциональной зависимости множества показателей от базового;
- анализ структуры и численных значений динамических диапазонов показателей;

- анализ и выбор типоразмерных рядов для каждого показателя.

Рассмотрим эти вопросы подробно, в начале для колесных тракторов.

Основными критериями при определении базового показателя является его максимальный динамический диапазон и однозначная функциональная зависимость с остальными показателями. Анализ известных исходных данных по эксплуатационной массе и тягово-мощностным параметрам современных тракторов показывает, что наибольший динамический диапазон из всех рассматриваемых показателей имеет эксплуатационная масса трактора $M_{\text{э}}$. При этом весь диапазон назначений этого показателя предварительно разбит на три группы для различных по назначению тракторов и на отдельные тяговые классы в каждой группе, приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Распределение тяговых классов по назначению колесных тракторов

№№ пп	Назначение трактора	Тяговый класс									
		0,2	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
1.	Универсальные	0,2	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	Универсально-пропашные	-	-	0,9	1,4	2,0	-	-	-	-	-
3.	Общего назначения	-	-	-	-	-	3	4	5	6	8

Каждому тяговому классу соответствует свой поддиапазон $M_{\text{ЭК}}$ (см. таблицу 4.6) со средним значением $M_{\text{ЭК}}$. Физическая связь между эксплуатационной массой и номинальным тяговым усилием $F_{\text{Т}}$, а также статистический анализ взаимосвязи эксплуатационной массы МЭС с мощностью на ВОМ при номинальной частоте вращения вала двигателя $P_{\text{В}}$, показывают, что они связаны следующими простыми линейными зависимостями, а именно:

$$F_{\text{ТК}} = 3,9 M_{\text{э}}, \text{ кН} \quad (4.1)$$

и кусочно-линейной аппроксимацией зависимости $N_{\text{ЭК}} = f(M_{\text{ЭК}})$ вида:

$$P_{\text{вЭК}} = \begin{cases} [11 + 21,79(M_{\text{ЭК}} - 1)] \text{кВт, где } 1,0 \text{ т} \leq M_{\text{ЭК}} \leq 6,92 \text{ т} \\ [140 + 17,582(M_{\text{ЭК}} - 6,92)] \text{кВт, где } 6,92 \text{ т} \leq M_{\text{ЭК}} \leq 16,02 \text{ т} \\ [300 + 8,312(M_{\text{ЭК}} - 16,02)] \text{кВт, где } 16,02 \text{ т} \leq M_{\text{ЭК}} \leq 27,69 \text{ т} \end{cases} \quad (4.2)$$

Из изложенного следует, что для каждого тягового класса можно ввести в рассмотрение среднее значение $\bar{M}_{\text{ЭК}}$, равное:

$$\bar{M}_{\text{ЭК}} = 0,5(\max M_{\text{ЭК}} + \min M_{\text{ЭК}}),$$

и соответствующие ему средние значения $\bar{F}_{\text{ТК}}$ и $\bar{P}_{\text{вТК}}$, определяемые по (4.1) и (4.2).

Совокупность значений вышеуказанных показателей можно рассматривать как некоторые типоразмерные ряды. Например, для колесных тракторов ряд $\{\bar{M}_{\text{ЭК}}\}$ имеет вид (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Ряд средних значений эксплуатационной массы колесных тракторов в тяговых классах от 0,2 до 8

Номер члена ряда	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\bar{M}_{\text{ЭК}}, \text{ Т}$	0,95	1,74	2,66	3,93	5,77	8,08	10,38	12,56	16,02	23,07

Анализ данного ряда показывает, что он не является каким-либо стандартным или близким к нему рядом. Однако при разбиении его на две части каждая из них может быть представлена с достаточной для практики точностью одним из основных типоразмерных рядов. В частности, первые пять членов ряда в таблице 1 для колесных тракторов 4К×4а могут быть представлены основным рядом R5, а вторые пять членов для тракторов 4К×4б – рядом R10. Соответствующие средние значения показателей $\bar{M}_{\text{ЭК}}$, $\bar{F}_{\text{ТК}}$ и $\bar{N}_{\text{ЭК}}$ диапазоны их значений для каждого типоразмера колесных тракторов указанных рядов приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Взаимосвязь тягово-мощностной классификации колесных сельскохозяйственных тракторов с основными рядами предпочтительных чисел по ГОСТ 8032-84

Показатель		Тяговый класс									
		0,2	0,6	0,9	1,4	2	3	4	5	6	8
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Базовый показатель – эксплуатационная масса, $M_{\text{Э}}$, т	$M_{\text{Э min}}$	0,5	1,39	2,08	3,23	4,62	6,92	9,23	11,54	13,58	18,46
	$M_{\text{Э max}}$	1,39	2,08	3,23	4,62	6,92	9,23	11,54	13,58	18,46	27,69
	$\overline{M}_{\text{Э}}$	0,95	1,74	2,66	3,93	5,77	8,08	10,38	12,56	16,02	23,07
	Номер члена ряда	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Предпочтительное число, $\tau_{\text{М}}$	основной стандартный ряд R5					основной стандартный ряд R10				
Номинальное тяговое усилие F_{T}	$F_{\text{T min}}$	1,95	5,42	8,11	12,6	18,02	27,0	36,0	45,0	52,9	72,0
	$F_{\text{T max}}$	5,42	8,11	12,6	18,02	27,0	36,0	45,0	52,9	72,0	108,0
	\overline{F}_{T}	3,71	6,8	9,8	15,53	24,61	31,49	39,63	49,90	62,82	79,0
	Предпочтительное число, τ_{F}	4,0	6,3	10,0	16,0	25,0	31,5	40,0	50,0	63,0	80,0
Мощность на ВОМ при номинальной частоте вращения вала двигателя, $P_{\text{В}}$, кВт	$P_{\text{В min}}^{\text{P}}$	10	22,0	35,0	60,0	90,0	140,0	181,0	221,0	257,0	320,0
	$P_{\text{В max}}^{\text{P}}$	22	35,0	60,0	90,0	140,0	181,0	221,0	257,0	320,0	397,0
	$P_{\text{В min}}^{\text{СТ}}$ **	10	20,0	33,0	41,0	95,0	121,0	121,0	151,0	201,0	321,0
	$P_{\text{В max}}^{\text{СТ}}$	19	32,0	40,0	94,0	150,0	150,0	250,0	250,0	400,0	400,0

Для гусеничных тракторов весь возможный диапазон $M_{\text{Э}}$ разбивается на две группы различных по назначению тракторов, и на остальные тяговые классы в каждой группе, как показано в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Распределение тяговых классов по назначению гусеничных тракторов

№ п/п	Назначение трактора	Тяговый класс					
		2	3	4	5	6	8
1.	Специальные	2	-	-	-	-	-
2.	Общего назначения	-	3	4	5	6	8

Проведенный, аналогично вышеизложенному для гусеничных тракторов, анализ дает следующие оценки показателей $F_{\text{TГ}}$ и $N_{\text{ЭГ}}$

$$F_{\text{ТГ}} = 4,9 M_{\text{Э}} \text{ кН.}$$

$$N_{\text{ЭГ}} = \begin{cases} [70 + 15,426(M_{\text{ЭГ}} - 4,59)] \text{кВт, где } 4,59 \text{ т} \leq M_{\text{ЭГ}} \leq 10,1 \text{ т} \\ [155 + 21,778(M_{\text{ЭГ}} - 10,1)] \text{кВт, где } 10,1 \text{ т} \leq M_{\text{ЭГ}} \leq 12,855 \text{ т} \\ [215 + 19,815(M_{\text{ЭГ}} - 12,855)] \text{кВт, где } 12,855 \text{ т} \leq M_{\text{ЭГ}} \leq 18,365 \text{ т} \end{cases}$$

Исходный типоразмерный ряд для $\overline{M}_{\text{ЭГ}}$ имеет вид, приведенный в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Ряд средних значений эксплуатационной массы гусеничных тракторов в тяговых классах от 2 до 8

Номер члена ряда	1	2	3	4	5	6
$\overline{M}_{\text{ЭГ}}, \text{ Т}$	4,59	6,43	8,265	10,1	12,855	18,365

Данный ряд, в целом, также не является стандартным, однако его можно представить состоящим из двух стандартных рядов, а именно производного ряда R20/3 и основного R10, приведенных для основных показателей в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Взаимосвязь тягово-мощностной классификации гусеничных сельскохозяйственных тракторов с основными рядами предпочтительных чисел по ГОСТ 8032-84

Показатель		Тяговый класс					
		2	3	4	5	6	8
1		2	3	4	5	6	7
Базовый показатель – эксплуатационная масса, M_{\ominus} , т	$M_{\ominus \min}$	3,67	5,51	7,35	9,18	11,02	14,69
	$M_{\ominus \max}$	5,51	7,35	9,18	11,02	14,69	22,04
	\overline{M}_{\ominus}	4,59	6,43	8,26	10,41	12,86	18,37
	Номер члена ряда	1	2	3	4	5	6
	Предпочтительное число, τ_M	производный стандартный ряд R20/3		основной стандартный ряд R10			
		4,50	6,30	8,00	10,0	12,5	16,0
Номинальное тяговое усилие F_T , кН	$F_{T \min}$	17,98	27,0	36,0	45,0	54,0	72,0
	$F_{T \max}$	27,0	36,0	45,0	54,0	72,0	108,0
	\overline{F}_T	22,49	31,49	40,5	51,0	64,2	80,8
	Предпочтительное число, τ_F	22,4	31,5	40,0	50,0	63,0	80,0
Мощность на ВОМ при номинальной частоте вращения вала двигателя, P_B , кВт	$P_{B \min}^P *$	50,0	84,2	112,5	140,8	175,0	251,0
	$P_{B \max}^P$	84,2	112,4	140,8	175,0	251,0	397,0
	$P_{B \min}^{CT} **$	41,0	59,0	95,0	95,0	151,0	251,0
	$P_{B \max}^{CT}$	94,0	120,0	150,0	200,0	250,0	400,0

Таким образом, среднее значение показателей в таблицах 4.6 и 4.9 выбираются из типоразмерных рядов R5, R10 и R20/3, при этом наблюдающиеся отклонения значений τ_M от $\overline{M}_{\ominus K}$ и $\overline{M}_{\ominus T}$, а также τ_F от \overline{F}_K и \overline{F}_T не являются значительными.

Предлагаемый подход к выбору типажа тракторов с/х назначения является достаточно простым и позволяет научно-обоснованно выбрать значения основных массовых и тягово-мощностных показателей тракторов в зависимости от их функционального назначения. При этом степень балластирования колесных тракторов вышеприведенных типоразмерных рядов находится в диапазоне 33,4...55,5% конструкционного веса.

Общая характеристика двухпараметрической структуры типажа сельскохозяйственных тракторов и мобильных энергетических средств [36, 85] скорректирована с учетом того, что согласно Решению Совета Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) от 29 октября 2021 г. № 127 [123], номинальная мощность двигателя малогабаритного трактора была увеличена до 19 кВт и приведена в табл. 4.10.

Таблица 4.10 – Типоразмерные ряды тяговых классов и мощностных разрядов сельскохозяйственных тракторов

Тяговый класс	Тяговое усилие, кН	Мощностной разряд			
		колесные тракторы		гусеничные тракторы	
		№ разряда	нижняя и верхняя границы, кВт	№ разряда	нижняя и верхняя границы, кВт
1	2	3	4	5	6
0,1*	0,3-1,4	1	3-5,5/3-5**		
0,2	1,8-5,4	2	11-18/10-19		
0,6	5,4-8,1	3	24-35/20-32		
0,9	8,1-12,6	4	36-44/33-40		
1,4	12,6-18	5	46-65/41-58		
		6	66-105/59-94		
2	18-27	7	106-134/95-120	5	46-65/41-58
		8	135-168/121-150	6	66-105/59-94
3	27-36			6	66-105/59-94
		8	135-168/121-150	7	106-134/95-120
4	36-45	8	135-168/121-150	7	106-134/95-120
		9	169-224/151-200	8	135-168/121-150
		10	225-280/201-250		
5	45-54	9	169-224/151-200	7	106-134/95-120
		10	225-280/201-250	8	135-168/121-150
				9	169-224/151-200
6	54-72	10	225-280/201-250	9	169-224/151-200
		11	281-358/251-320	10	225-280/201-250
		12	359-448/321-400		
8	72-108	12	359-448/321-400	11	281-358/251-320
				12	359-448/321-400

* Одноосные малогабаритные тракторы (мотоблоки) с конструкционной массой 50-120 кг, тяговое усилие не регламентируется.

** В числителе указана номинальная мощность по ISO 14396, в знаменателе – эксплуатационная по ГОСТ 18509.

Создавшаяся структура сочетаемости тяговых классов и мощностных разрядов свидетельствует о значительном расширении возможностей использования сельскохозяйственных тракторов, во-первых, за счет балластирования или применения третьего активного подкатного моста с

переходом в смежный тяговый класс и расширением шлейфа машин с рабочими органами пассивного сопротивления, а во-вторых, за счет работы с машинами, имеющими активные рабочие органы и требующими значительного отбора мощности через ВОМ [36, 85].

Для практического применения двухпараметрической классификации сельскохозяйственных тракторов целесообразно номинальные тяговые усилия рассматривать как функцию эксплуатационной массы трактора, являющейся его паспортной характеристикой [36, 85].

При переходе от эксплуатационной массы трактора к номинальному тяговому усилию в качестве усредненных использованы следующие соотношения:

$$F_n = K \cdot m_o,$$

где: F_n – номинальная сила тяги, кН;

m_o – минимальная эксплуатационная масса трактора, кг;

K – коэффициент перевода эксплуатационной массы в тяговое усилие, кН/кг.

Для колесных тракторов принят коэффициент: $K_k = 3,9 \cdot 10^{-3}$ кН/кг.

Для гусеничных тракторов принят коэффициент: $K_r = 4,9 \cdot 10^{-3}$ кН/кг.

Сельскохозяйственные тракторы могут классифицироваться по различным признакам, но наиболее важной для эффективного использования тракторов является классификация по показателям энергетического согласования с набором сельскохозяйственных машин.

В мировой практике сложились две системы классификации сельскохозяйственных тракторов:

- в России – тяговые классы по номинальному тяговому усилию, рассчитанному (см. выше) или экспериментально определяемому для заданных эксплуатационной массы и колесной формулы на стерне колосовых при регламентированных твердости почвы и ее влажности с ограничениями по допустимому буксованию (ГОСТ 27021-86);

- за рубежом – категории задненавесных систем по максимальной тяговой мощности, полученной при испытаниях на гладкой горизонтальной и сухой бетонированной поверхности (стандарты ИСО 730/1-77, ИСО 730/2-79, ИСО/3-82), заменены в 2009 г. на категории задненавесных систем по максимальной мощности на ВОМ при номинальной частоте вращения вала двигателя (ИСО 730:2009) [36, 85].

В связи с имеющейся взаимосвязью между тягово-энергетическими характеристиками трактора на различных фонах и пределами значений рабочих скоростей МТА на наиболее энергоемких операциях между системой классификации по тяговому усилию на стерне и системой категорирования по максимальной тяговой мощности на бетоне в ГОСТ 27021-86 было установлено их примерное соответствие.

Кроме указанных систем в России существует Общероссийский классификатор продукции ОК-005-93, в котором сельскохозяйственные тракторы классифицируются по тяговым классам и эксплуатационной мощности двигателя.

Соотношение между указанными системами классификации сельскохозяйственных тракторов представлено в таблице 4.11.

Кроме приведенных систем классификаций сельскохозяйственных тракторов по признакам, необходимым для агрегатирования, в России, как члене Таможенного Союза, существует система классификации сельскохозяйственных тракторов по признакам безопасности: рабочая скорость, минимальная колея, снаряженная масса, дорожный просвет, высота центра тяжести (таблица 4.12).

Таблица 4.11 – Соотношение между тягово-мощностной классификацией сельскохозяйственных тракторов, предлагаемой настоящей Концепцией, Международными стандартами и Общероссийским классификатором продукции ОК-005-93

Концепция		Соотношение между тяговыми классами по ГОСТ 27021 и ИСО-730-77 ¹		ИСО-730-2009 ² (2009 г.)		Общероссийский классификатор продукции ОК-005-93	
тяговые классы (ГОСТ 27021, кроме 0,1)	диапазон мощности на ВОМ, при номин. частоте вращения вала двигателя, кВт	максимальная тяговая мощность на бетоне, кВт	Категория (тяговые классы ГОСТ 27021)	мощность на ВОМ при номинальной частоте вращения вала двигателя, кВт	категория	диапазон эксплуатационной мощности двигателя, кВт	код ³ (тяговые классы по ГОСТ 27021)
0,1	3-5	до 35	1N (ниже 0,6)	до 35	1N	до 25,7 25,7-97,8	411 412 (до 0,9)
0,2	10-19						
0,6	20-32	до 35	1 (0,6; 0,9)	до 48	1	25,7-47,8 47,8-80,9	422 423 (св. 0,9 до 1,4)
0,9	33-40						
1,4	41-94	30-75	2 (0,9; 1,4; 2)	30-92	2/2N	25,7-47,8; 47,8-80,9 80,9-125	432; 433; 434 (св. 1,4 до 2)
2	95-150						
3	121-150	св. 70	3 (2; 3; 4)	60-185	3/3N	25,7-47,8; 47,8-80,9 80,9-125; 125-183,9	242; 243; 244; 245 (св. 2 до 3)
4	121-250						
5	151-250	135-300	4 (5; 6; 8)	110-350	4/4N	80,9-125 125-183,9 183,9-294,2	254; 255 256 (св. 3 до 5)
6	201-400						
8	321-400					264 265 266 (св. 5 до 8)	

¹ ИСО-730-77 (1977 г.). Сельскохозяйственные колесные тракторы. Трехточечное навесное устройство.

² ИСО-730-2009 (2009 г.) (взамен ИСО-730-77). Тракторы колесные сельскохозяйственные. Трехточечное задненавесное устройство.

³ 472200 – Тракторы сельскохозяйственные общего назначения. 472400 – Тракторы сельскохозяйственные универсально-пропашные.

Таблица 4.12 – Классификация тракторов и прицепов по категориям в соответствии с техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним» (ТР ТС 031/2012)

Показатель	Ед. изм.	Категории						
		Т1	Т2	Т3	Т4 (специального назначения)			Т5
					Т4.1 Высококлиренсный	Т4.2 (сверхширокие)	Т4.3 (низкоклиренсные)	
Расчетная скорость	км/ч	не более 40	не более 40/30*	не более 40	не более 30*	Характеризуются значительными размерами и предназначены для обработки больших площадей	С приводом на четыре колеса, сменное рабочее оборудование которых предназначено для выполнения работ в лесном или сельском хозяйстве, с несущей рамой, одним или несколькими валами отбора мощности, массой не более 10 тонн. Отношение технической допустимой массы к снаряженной менее 2,5	более 40
Минимальная колея	мм	не менее 1150	менее 1150					
Снаряженная масса	кг	более 600	более 600	не более 600				
Дорожный просвет	мм	не более 1000	не более 600		более 1000			
Высота центра тяжести	мм						менее 850	

* - Если отношение высоты центра тяжести трактора к среднему минимальному размеру колеи осей превышает 0,9.

4.6 Типаж сельскохозяйственных тракторов и мобильных энергетических средств на период до 2030 года

Разработанная Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2030 года впервые рассматривает механизацию как четырехуровневую систему (рисунок 4.2), в которой базовым элементом является типаж, за которым следуют технический уровень, технологическая потребность и

реальный парк техники, соответствующий классификационным признакам типажа.

Уровень развития	Возможная форма реализации
1. Типаж	Научный документ
2. Технический уровень	Выставочный (опытный) образец, патент
3. Технологическая потребность	Прогноз, как высшая форма продукции научного учреждения
4. Реальный парк	Государственная программа с целевыми индикаторами

Рисунок 4.2 – Уровни развития механизированного сельскохозяйственного производства

Исходными для разработки Системы машин явились следующие положения (рисунок 4.3):

- условия применения техники существенно различны для трех типов сельхозтоваропроизводителей: сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства и хозяйства населения;

- значительная доля рынка принадлежит зарубежным предприятиям, поэтому требуется провести согласование по методикам определения основных характеристик отечественных и зарубежных машин;

- вступление в ВТО, с одной стороны, вызывает обострение конкуренции на рынке, с другой требуется разработать механизм эффективной государственной поддержки, как отечественной промышленности, так и сельского хозяйства, на основе приоритетных позиций научно-обоснованного типажа технических средств.

Фактор воздействия	Требования к СМ
1. Закон о развитии сельского хозяйства Российской Федерации	Типы сельхозтоваропроизводителей: - сельскохозяйственные организации (СХО); - крестьянские (фермерские) хозяйства (КФХ); - хозяйства населения (ХН)
2. Наполненность рынка импортной техникой	Гармонизация требований и классификационных признаков
3. Вступление в ВТО	Методологическая основа для разработки механизма господдержки

Рисунок 4.3 – Исходные положения для разработки СМ

В качестве определяющего элемента механизации в Системе машин приведен типаж тракторов и мобильных энергетических средств. Основу двухпараметрической классификации сельскохозяйственных тракторов составляют тяговые классы с регламентированным по ГОСТ 27021-86 номинальным тяговым усилием на стерне и эксплуатационная мощность двигателя (рисунок 4.4).

Разработанная структура сочетаемости тяговых классов и мощностных разрядов свидетельствует о расширении возможностей использования тракторов за счет балластирования или применения третьего активного подкатного моста с переходом в смежный тяговый класс и расширением шлейфа машин с пассивными рабочими органами, а во-вторых, за счет работы с машинами, имеющими активные рабочие органы и требующих значительного отбора мощности через ВОМ.

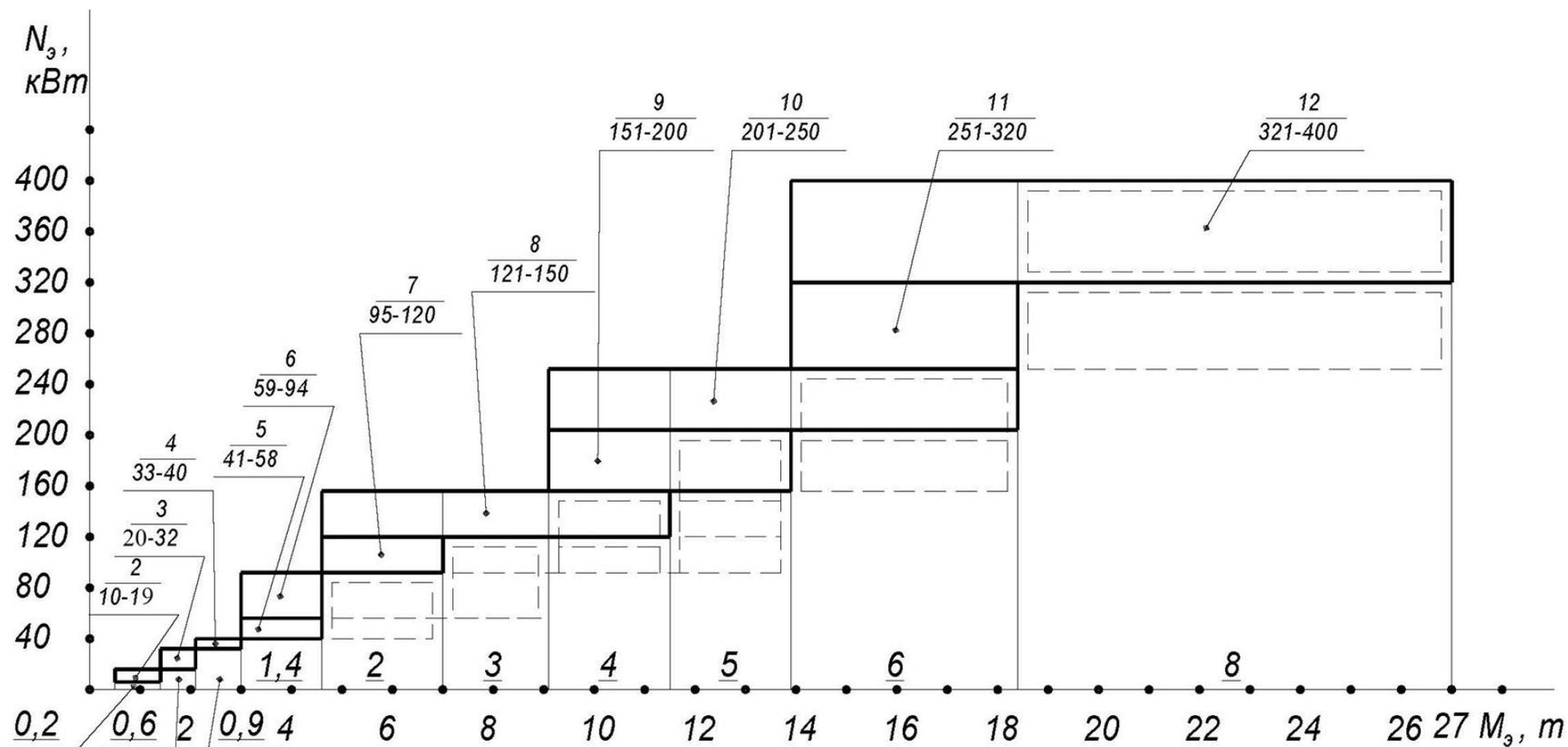


Рисунок 4.4 – Колесные тракторы.

Диапазоны эксплуатационных масс и мощностных разрядов в тяговых классах от $0,2$ до 8 , где $\frac{2}{10-16}$ – в числителе номер мощностного разряда, в знаменателе – нижний и верхний уровни эксплуатационной мощности в кВт (тяговый класс $0,1$ (одноосные) – не указан с мощностным разрядом $\frac{1}{3-5}$);

---- – совмещенные мощностные разряды гусеничных тракторов в соответствующих тяговых классах

Качественные отличия разработанного типажа тракторов от ранее существовавших:

1. Двухпараметрическая классификация:

1.1. Тяговый класс с диапазоном эксплуатационной массы и минимальной эксплуатационной массой базовой модели.

1.2. Мощностной разряд с эксплуатационной мощностью базовой модели.

1.3. Согласование с рядом предпочтительных чисел.

2. Введение в типаж малогабаритной техники.

3. Введение понятия «Семейство (серия) – ряд моделей на основе базовой модели, имеет то же значение главного параметра и различия в конструкции, изменяющие область применения трактора или специализирующие его назначение».

4. Требования к техническому уровню.

4.1. Категории применения элементов автоматизации (рисунок 4.5).

4.2. Максимальное подъемное усилие передней и задней навесных систем.

4.3. Допустимый отбор мощности.

4.4. Тип трансмиссии.

4.5. Удельная материалоемкость.

4.6. Удельный расход топлива при эксплуатационной мощности.

В общем виде типаж тракторов представлен на рисунок 4.6.

Представленный типаж тракторов содержит рекомендации по согласованию российских стандартов по эксплуатационной мощности двигателя и тяговому классу со стандартами ИСО по номинальной мощности двигателя и категориям максимальной тяговой мощности на бетонном основании.

Основные перспективные показатели технического уровня тракторов представлены на рисунок 4.7.

Отличительной особенностью современного технического уровня тракторов является широкое применение элементов автоматизации, систематизация которых по категориям представлена на рисунке 4.5 [55].

Категория	Наличие элементов автоматизации
А	Комплексная автоматизация управлением двигателя, трансмиссии, гидронавесной системы, ходовой части и вождения трактора при прямолинейном ходе и на повороте с возможностью программирования циклов технических процессов с применением 2-х и более бортовых компьютеров, работа в системе GPS
В	Автоматизация отдельных режимов работы двигателя, трансмиссии, навесной системы, мониторинга и контроля параметров работы узлов и механизмов с наглядным представлением для оператора, работа в системе GPS с применением одного бортового компьютера
С	Автоматизация с реализацией отдельных технологических функций трансмиссии, навесной системы и ходовой части без применения бортового компьютера
Д	Без применения элементов автоматизации

Рисунок 4.5 – Характеристика категорий элементов автоматизации

Представленные характеристики являются результатом анализа и обобщения большого информационного материала по отечественным и зарубежным выставкам, рекламным проспектам различных фирм по техническим характеристикам машин и направлениям развития интенсивных механизированных технологий сельскохозяйственного производства.

Сформулированные требования по техническому уровню перспективной техники должны стать основой для регулирования мер государственной поддержки, как российских производителей сельскохозяйственной техники, так и сельхозтоваропроизводителей.

Разработанный в соответствии с предложенной двухпараметрической классификацией типаж сельскохозяйственных тракторов и мобильных энергетических средств и требований к ним (2012 год) [36, 85], сохраняют свою актуальность на период до 2030 года (рисунок 4.6, 4.7).

Шифр типа базовой модели содержит информацию о типе ходовой системы: К – колесный, Г – гусеничный, тяговом классе от 0,1 до 8 и мощностном разряде: от 1 до 12.

Тяговый класс		0,1	0,2	0,6	0,9	1,4	2		3		4		5		6		8		
Параметры базовой модели	Шифр типа базовой модели	К-0,1-1	К-0,2-2	К-0,6-3	К-0,9-4	К-1,4-6	К-2-7	Г-2-6	Г-3-7	К-3-8	К-4-9	Г-4-8	Г-5-9	К-5-10	К-6-11	Г-6-9	Г-8-11	К-8-12	
	Эксплуатационная мощность двигателя, кВт	5	10	22	40	70	110	60	96	130	180	110	150	230	260	220	280	340	
	Эксплуатационная масса, кг	1*	100	500	1600	2300	3600	5100	4000	6000	7700	10300	8000	10000	12800	15400	12000	16000	9000
		2*	130	700	2080	3000	4620	6600			9200	12000 (кл. 5)			16000 (кл. 6)	20000 (кл. 8)			24700
	Уд. материалоемкость, кг/кВт	20	50,0	72,7	57,5	51,4	46,4	66,7	62,5	59,2	57,2	72,7	66,7	55,7	59,2	54,5	57,1	55,9	
	Тип ходовой системы	колесный						гусеничный		колесный		гусеничный		колесный		гусеничный		колесный	
	Назначение	универсальный			универсально-пропашной			свекловод.	общего назначения										
Диапазон тягового класса по:																			
- эксплуатационной мощности, кВт		3-7	10-12	22-32	33-40	41-94	95-150	50-90	70-130	120-150	120-243	100-130	110-200	151-243	201-397	180-250	250-397	321-397	
- эксплуатационной массе, кг		50-200	500-1500	1390-2080	2081-3230	3231-4620	4621-6920	3670-5510	5510-7350	6921-9230	9231-11540	7350-9180	9180-11020	11540-13580	13580-18460	11020-14690	14690-22040	18460-27690	
Модификации по назначению	повышенной проходимости								пахотно-пропашной	реверсивный									
				самоходное шасси		экологически безопасный													
	селекционный			реверсивный			виноградниковый												
				тепличный															
				модульное энергосредство				горно-равнинный											
				овощеводческое		рисоводческое													
				гусен.		пойменное													
				животноводческое															
				для неудобий															
				высококлиренсное - садоводческое															
упрощенной комплектации – модель экономкласса																			

* 1 – минимальная; 2 – максимально разрешенная;

Рисунок 4.6 – Типаж сельскохозяйственных тракторов на период до 2030 года

Показатели	Значение показателей	
	перспективные на период до 2030 г.	достигнутые в России
Диапазон эксплуатационной мощности, кВт(л.с.)	5,1-430(7-550)	14,6-257(200-350)
Диапазон основных рабочих скоростей, км/ч	до 20	до 15
Максимальная транспортная скорость, км/ч	50-60	30-40
Удельный расход топлива при эксплуатационной мощности, г/кВт.ч (г/л.с.ч)	176-200(134-147)	220-250(168-184)
Запас крутящего момента, %	50-60	15-30
Энергонасыщенность, кВт/т	17-22(23,2-29,0)	13-18(17,7-24,5)
Удельная конструкционная материалоемкость (кроме кл.0,6), кг/кВт(кг/л.с.):	50-55(37-40)	57-75(42-52)
- гусеничные тракторы	40-60(28-46)	45-70(34-51)
- колесные тракторы		
Тип трансмиссии	Бесступенчатые	Синхронизированные
Уровень шума в кабинах	70-72	80-85
Ресурс двигателя, моточас	15000-20000	8000-10000
Наработка на сложный отказ у тракторов в реальной эксплуатации, моточасов	600-900	135-290
Удельная трудоемкость технического обслуживания, чел.-ч/моточас	0,03-0,05	0,07-0,10
Требования экологии	Евро-3 – Евро-4	Евро-1
Производительность гидросистемы, л/мин	200-300	100-150
Максимальное давление гидросистемы, МПа	200-210	160-200
Электронные средства контроля и управления	Широкое применение автоматизации	Ограниченное применение автоматизации
Коэффициент готовности, %	0,98-0,99	0,97-0,98
Ресурс трактора до первого капитального ремонта, моточас	15000-16000	6000-10000
Среднее статическое давление на почву, кПа:	40-50	42-55
- гусеничных тракторов	80-120	100-145
- колесных тракторов		

Рисунок 4.7 – Основные показатели технических и технологических требований к сельскохозяйственным тракторам на период до 2030 года

С классификационными параметрами (тяговым классом и эксплуатационной мощностью) имеют тесную связь такие требования агрегатируемости, как допустимая величина отбора мощности через ВОМ и

максимальное подъемное усилие на оси подвеса для задней и передней навесных систем трактора, которые для базовых моделей приведены в таблице 4.13 [36, 85].

Типаж характеризуется обеспечением экологических ограничений по воздействию движителей на почву по ГОСТ 26955, значений выбросов вредных веществ с отработавшими газами двигателей по ГОСТ Р 41.96-2005.

По уровню надежности тракторы должны соответствовать нормативам, представленным в таблицах 4.14, 4.15 и 4.16 [32, 119].

Технические требования к типуажу сельскохозяйственных тракторов и мобильных энергетических средств на период до 2030 года в сравнении с отечественными и зарубежными тракторами-аналогами представлены в таблице 4.17 [32, 119].

Таблица 4.13 – Тягово-мощностная структура типажа сельскохозяйственных тракторов и мобильных энергетических средств на период до 2030 г. с выделением базовых моделей и определением их характеристик агрегируемости по допустимому уровню отбора мощности через ВОМ, максимальному подъемному усилию навесных систем на оси подвеса и оснащенности элементами автоматизации

Колесные тракторы

Назначение	Тяговый класс	Номинальное тяговое усилие, кН	Диапазон эксплуатационной мощности двигателя, кВт	Мощностной разряд, №/кВт (экспл. мощность двигателя базовой модели)	Шифр типа базовой модели	Диапазон массы эксплуатационной, кг (мин. эксплуат. масса базовой модели)	Колесная формула	Характеристика агрегируемости					
								Допустимый отбор мощности, кВт		Максимальное подъемное усилие, кН		Элементы автоматизации	
								передний ВОМ	задний ВОМ	передняя навесная система	задняя навесная система		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Общего назначения	8	72-108	321-400	12/321-400 (340)	К-8-12	18460-27690 (19000)	4К46		340	90	140	А	
	6	54-72	201-400	12/321-400	К-6-12	13580-18460 (15400)	4К46						А
				11/251-320 (260)	К-6-11		4К4а		260	70	120		
				10/201-250	К-6-10		4К4а						
	5	45-54	151-250	10/201-250(230)	К-5-10	11540-13580 (12800)	4К4а	50	230	65	110	В	
				9/151-200	К-5-9		4К4а						
	4	36-45	121-250	10/201-250	К-4-10	9231-11540 (10300)	4К4а						А
				9/151-200 (180)	К-4-9		4К4а	40	180	55	90		
				8/121-150	К-4-8		4К4а						
	3	27-36	121-150	8/121-150 (130)	К-3-8	6921-9230 (7700)	4К4а	30	130	45	80	В	

Продолжение таблицы 4.13

Назначение	Тяговый класс	Номинальное тяговое усилие, кН	Диапазон эксплуатационной мощности двигателя, кВт	Мощностной разряд, №/кВт (экспл. мощность двигателя базовой модели)	Шифр типа базовой модели	Диапазон массы эксплуатационной, кг (мин. экспл. масса базовой модели)	Колесная формула	Характеристика агрегируемости				Элементы автоматизации	
								Допустимый отбор мощности, кВт		Максимальное подъемное усилие, кН			
								передний ВОМ	задний ВОМ	передняя навесная система	задняя навесная система		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Универсально-пропашные	2	18-27	95-150	8/121-150	К-2-8	4621-6920 (5100)	4К46						С
				7/95-120 (110)	К-2-7		4К4а	20	110	40	65		
				6/59-94 (70)	К-1,4-6		4К4а	-					
	1,4	12,6-18	41-94	5/41-58	К-1,4-5	3231-4620 (3600)	4К2	15	70	30	50		С
							4К4а						
							4К2	-					
	0,9	8,1-12,6	33-40	4/33-40 (40)	К-0,9-4	2081-3230 (2300)	4К4а	-					С
							4К2	-	40	25	40		
Универсальные	0,6	5,4-8,1	22-32	3/22-32 (25)	К-0,6-3	2081-3230 (2300)	4К4а	-					С
							4К2	-	25	20	30		
	0,2 ¹⁾ (двухосный)	1,8-5,4	10-16	2/10-16 (10)	К-0,2-2	500-1500 (500)	4К4а	-					D
							4К2	-	8		8		
0,1 ¹⁾ (одноосный)	0,8-1,8	3-5	1/3-5 (5)	К-0,1-1	70-300 (100)	2К2		5		5		D	

¹⁾ тяговое усилие не регламентируется.

Гусеничные тракторы

Назначение	Тяговый класс	Номинальное тяговое усилие, кН	Диапазон эксплуатационной мощности и двигателя, кВт	Мощностной разряд, №/кВт (экспл. мощность двигателя базовой модели)	Шифр типа базовой модели	Диапазон массы эксплуатационной, кг (мин. эксплуат. масса базовой модели)	Тип гусеницы	Характеристика агрегатируемости					
								Допустимый отбор мощности, кВт		Максимальное подъемное усилие, кН		Элементы автоматизации	
								передний ВОМ	задний ВОМ	передняя навесная система	задняя навесная система		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Общего назначения	8	72-108	251-400	12/321-400	Г-8-12	14690-22040 (16000)	РАГ					А	
				11/251-320 (280)	Г-8-11		РАГ		280	75	120		
	6	54-72	151-250	10/201-250	Г-6-10	11020-14690 (12000)	РАГ					В	
				9/151-200 (220)	Г-6-9		РАГ		220	60	100		
	5	45-54	95-150	9/151-200 (185)	Г-5-9	9180-11020 (10000)	РАГ			185	55	90	В
				8/121-150	Г-5-8		РАГ						
				7/95-120	Г-5-7		РАГ						
	4	36-45	95-150	8/121-150 (140)	Г-4-8	7350-9180 (8000)	РАГ			140	45	80	В
				7/95-120	Г-4-7		РАГ						
	3	27-36	59-120	7/95-120 (110)	Г-3-7	5510-7350 (6000)	РАГ			110	35	70	В
6/59-94				Г-3-6	РАГ								
Специальные	2	18-27	41-94	6/59-94 (80)	Г-2-6	3670-5510 (4000)	РАГ			80	30	65	С
				5/41-58	Г-2-5		РАГ						

Таблица 4.14 – Нормативы надежности для тракторов сельскохозяйственных колесных общего назначения

Показатели	Тяговые классы	
	3; 4; 5 и 6	8
Наработка на отказ (не менее), мото·ч	500	450
Наработка на отказ второй и третьей групп сложности (не менее), мото·ч	1000	900
Коэффициент готовности (не менее)	0,99	0,99
Удельная суммарная трудоемкость (не более), чел·ч/мото·ч:		
- технических обслуживаний	0,025 (0,051)*	0,020
- текущих ремонтов	0,010	0,020

* Для тракторов тягового класса 5.

Таблица 4.15 – Нормативы надежности для тракторов сельскохозяйственных колесных универсально-пропашных

Показатели	Тяговые классы	
	0,6; 0,9	1,4; 2
Наработка на отказ (не менее), мото·ч	350	500
Наработка на отказ второй и третьей групп сложности (не менее), мото·ч	700	1000
Коэффициент готовности (не менее)	0,99	0,99
Удельная суммарная трудоемкость (не более), чел·ч/мото·ч:		
- технических обслуживаний	0,020	0,020
- текущих ремонтов	0,010	0,010

Таблица 4.16 – Нормативы надежности для тракторов сельскохозяйственных гусеничных общего назначения

Показатели	Тяговые классы	
	2; 3; 4	8
Наработка на отказ (не менее), мото·ч	400	400
Наработка на отказ второй и третьей групп сложности (не менее), мото·ч	1000	1000
Коэффициент готовности (не менее)	0,99	0,99
Удельная суммарная трудоемкость (не более), чел·ч/мото·ч:		
- технических обслуживаний	0,03	0,03
- текущих ремонтов	0,010	0,02

Таблица 4.19 – Технические требования к типу сельскохозйственных тракторов и мобильных энергетических средств на период до 2030 г. в сравнении с отечественными и зарубежными тракторами-аналогами

Тяговый класс		0,1	0,2	0,6	0,9	1,4	2		3		4		5		6		8		
Шифр типа базовой модели		К-0,1-1	К-0,2-2	К-0,6-3	К-0,9-4	К-1,4-6	К-2-7	Г-2-6	Г-3-7	К-3-8	К-4-9	Г-4-8	Г-5-9	К-5-10	К-6-11	Г-6-9	Г-8-11	К-8-12	
Параметры базовой модели	Эксплуатационная мощность двигателя, кВт	5	10	22	40	70	110	60	96	130	180	110	150	230	260	220	280	340	
	Эксплуатационная масса, кг	1*	100	500	1600	2300	3600	5100	4000	6000	7700	10300	8000	10000	12800	15400	12000	16000	9000
		2*	130	700	2080	3000	4620	6600			9200	12000 (кл. 5)			16000 (кл. 6)	20000 (кл. 8)			24700
	Уд. материалоемкость, кг/кВт	20	50,0	72,7	57,5	51,4	46,4	66,7	62,5	59,2	57,2	72,7	66,7	55,7	59,2	54,5	57,1	55,9	
	Удельный расход топлива при эксплуатационной мощности, г/кВтч (не более)	210	210	210	210	209	209	210	210	209	208	208	207	207	207	206	206	206	
	Тип ходовой системы	колесный						гусеничный		колесный		гусеничный		колесный		гусеничный		колесный	
Параметры трактора аналога отечественного	Марка	Нева МБ-2К		ВТЗ-2027*	Агроماش 50ТК	Агромаш 85ТК	РТМ-160**	-	Агроماش 90ТГ	TERRION K-3180АТМ	TERRION K-3180АТМ	Агромаш 150ТГ	Т-404*	К-744Р	К-745*	Агромаш 315ТГ			
	Эксплуатационная мощность двигателя, кВт	4,6		18	33,1	62,5	117,6		70	123	184	110	110,3	205	340	216			
	Эксплуатационная масса, кг	1*	98		1960	2600	3800	6350		6900	7000	9300	7900	10950	13400	14400	14000		
		2*	***		-	-	-	-		-	9000	14000 (кл.6)	-	-	15200 (с.к.) (кл.6)	18800 (кл.8)	-		
Уд. материалоемкость, кг/кВт	21,3		109,0	78,5	60,8	56,1		98,6	56,9 (7,3 – с.б.)	50,5 (71,6 – кл.6)	71,2	99,2	63,4 (74,1 – кл.6)	42,3 (55,3 – кл.8)	64,8				

Продолжение таблицы 4.19

	Удельный расход топлива при эксплуатационной мощности, г/кВт.ч (не более)	-		240	230	232	255		-	220	226	236	231	237	-	-			
Параметры трактора аналога зарубежного	Марка	Беларус 09Н	Беларус 132Н	Беларус 320	JD 5215	Беларус 82.1	Беларус 1221	T-120		JD 7830	T8050	ХТЗ-181	Беларус 210,	JD 8530	Versatile 435	JD 8430T	Challenger MT 885		
	Эксплуатационная мощность двигателя, кВт	6,6	9,6	24,6	40	55,8	90,4	88,3		150,7	239	130	145	236					
	Эксплуатационная масса, кг	1*	145	460	1720	2700	4000	5300	4900		8600	10000	9000	10500	11800				
		2*	-	-	-	4500	-	5730	-		13100 (кл. 5)	17500 (кл.6)	-	-	18000 (кл.6)	15000	12300	19000	
	Уд. материалоемкость, кг/кВт	22,0	47,9	69,9	67,5	71,7	68,6	55,5		57,1 (87,0 – кл.5)	41,8 (73,2 – кл.5)	69,2	72,4	46,8 (76,3 – кл.6)	46,3 (58,6 – кл.8)	56,7	57,4		
Удельный расход топлива при эксплуатационной мощности, г/кВт.ч (не более)	-	-	-	-	243	236				-	-	250	-	-	-	-	-	-	

*1 – минимальная; 2– максимально разрешенная; ** - не выпускается; *** - нет данных.

Разработанный типаж должен обеспечить повышение производительности труда в 1,2...2,0 раза, снижение затрат топлива и других ресурсов на 18...20%.

Технологическая зональная применимость сельскохозяйственных тракторов и мобильных энергетических средств [36, 85] с учетом Федерального конституционного закона от 21.03.2014 г. № 6-ФКЗ «О принятии в Российскую Федерацию Республики Крым и образовании в составе Российской Федерации новых субъектов – Республики Крым и города федерального значения Севастополя» [124] дополнена агрозонами 3.3, 3.4. Она разработана на период до 2030 г. и представлена в таблице 4.20.

Таблица 4.20 – Технологические зональные требования к типу сельскохозйственных тракторов и мобильных энергетических средств на период до 2030 года

Технологические признаки		Шифр типа базовой модели																
		К-8-12	Г-8-11	Г-6-9	К-6-11	К-5-10	Г-5-9	Г-4-8	К-4-9	К-3-8	Г-3-7	Г-2-6	К-2-7	К-1,4-6	К-0,9-4	К-0,6-3	К-0,2-2	К-0,1-1
Агрозоны	1.1				+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	1.2	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2.1				+	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	+
	3.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3.3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	3.4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	4.1	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	4.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	4.3				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	5.1			+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
	5.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6.1				+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
	6.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
7.1					+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
7.2		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Культура	Зерновые и зернобобов.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+
	Масличные	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+					
	Сах. свекла											+	+	+				
	Картофель											+	+	+	+	+	+	+
	Овощи											+	+	+	+	+	+	+
	Травы				+	+			+	+		+	+	+	+	+	+	+
Тип технологий	Экстенсивная						+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
	Нормальная			+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+			
	Интенсивная	+	+	+	+	+	+	+	+	+								
	Высокая	+	+	+	+	+	+		+									

Продолжение таблицы 4.20

Технологические признаки	Шифр типа базовой модели																	
	К-8-12	Г-8-11	Г-6-9	К-6-11	К-5-10	Г-5-9	Г-4-8	К-4-9	К-3-8	Г-3-7	Г-2-6	К-2-7	К-1,4-6	К-0,9-4	К-0,6-3	К-0,2-2	К-0,1-1	
Условия применения	Рельеф выровненный, средняя длина гона более 1000 м		Рельеф выровненный, средняя длина гона 500-1000 м				Рельеф разнообразный, средняя длина гона 300-600 м				Пахотные участки небольших размеров, средняя длина гона 200-400 м			Пахотные участки наибольших размеров, средняя длина гона до 200 м		Пахотные участки в личном подворье		
Размер хозяйства**	к/х				к/х, с/х				м/х		ЛПХ							
Оценка общей площади рационального применения (млн.га), % от общей площади пашни (экспертно)	СХО (90)		1,0		20,0				55,0				20,0		4,0			
	КФХ (15)												70,0		30,0			
	ЛН (5)																60,0 40,0	

* (+) – применение возможно.

** к/х – крупное хозяйство (более 3000 га пашни); с/х – среднее хозяйство (от 500 до 3000 га пашни); м/х – мелкое хозяйство (до 500 га пашни); ЛПХ – личное подсобное хозяйство.

Новые агрозоны имеют следующие характеристики:

Агрозона 3.3

Территория – степная часть Республики Крым.

Климатические особенности. Климат агрозоны характеризуется неустойчивым и недостаточным увлажнением со среднегодовым количеством осадков 230-250 мм. Годовая испарение влаги – 800-900 мм. Безморозный период длится 160-170 дней. Начало и окончание полевых работ совпадают с датами перехода среднесуточных температур воздуха через 5°C (20.03-28.03.; 01.11-10.11). Коэффициент увлажнения – 0,2-0,4. Сумма активных температур (>10°C) – 4000-4050 °C. Биоклиматический потенциал – 98-130. Практически вся агрозона нуждается в оросительных системах.

Почвы. Представлены чернозёмами и каштановыми почвами. Встречаются солонцовые почвы, лесные и др. Удельное сопротивление почв – 0,54–0,60 МПа.

Характеристика полей и условий работы машин. Рельеф полей в пределах агрозоны в основном выровненный. Средняя длина гонов превышает 600-900 м. Полевые участки площадью более 30 га составляют свыше 70%. Вероятность кондиционной влажности зерна при уборке – 0,3-0,5.

Агрозона 3.4

Территория – горная часть Республики Крым.

Климатические особенности. Климат агрозоны характеризуется неустойчивым и недостаточным увлажнением со среднегодовым количеством осадков 235-240 мм. Годовая испаряемость влаги – 480-600 мм. Безморозный период длится 180-200, 165-185 (предгорные районы) дней. Начало и окончание полевых работ совпадают с датами перехода среднесуточных температур воздуха через 5°C 21.03–11.04., 25.03 (предгорные районы); 01.11-11.11, 05.11 (предгорные районы). Коэффициент увлажнения – 0,31-0,89. Сумма активных температур (>10°C) – 4000-4070 °C, а в предгорных районах – менее 3000°C. Биоклиматический потенциал – 97-120. Часть территории засорена камнями.

Почвы. Представлены в основном горнолесными почвами. Удельное сопротивление почв – 0,59-0,61 МПа.

Характеристика полей и условий работы машин. Рельеф полей в пределах агрозоны в основном выровненный, лишь в предгорной части встречаются балки и овраги, которые пересекают поля. Средняя длина гонов не превышает 100-150 м. Полевые участки площадью более 3-8 га составляют свыше 70%. Вероятность кондиционной влажности зерна при уборке – 0,97.

4.7 Алгоритм приведения результатов определения тяговых показателей отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов, определенных по Международным (ИСО) и ОЭСР стандартам

Результаты НИР, проведенные в ВИМе при участии автора [125], использованы в данном пункте и опубликованы в [126].

При разработке алгоритма приведения тяговых показателей колесного трактора, измеренных на бетоне по стандарту OECD применяем индекс «б», к тяговым показателям на стерне – индекс – «с» [127].

Рассмотрим алгоритм приведения на основе анализа сил и потоков мощности на рисунке 4.8.

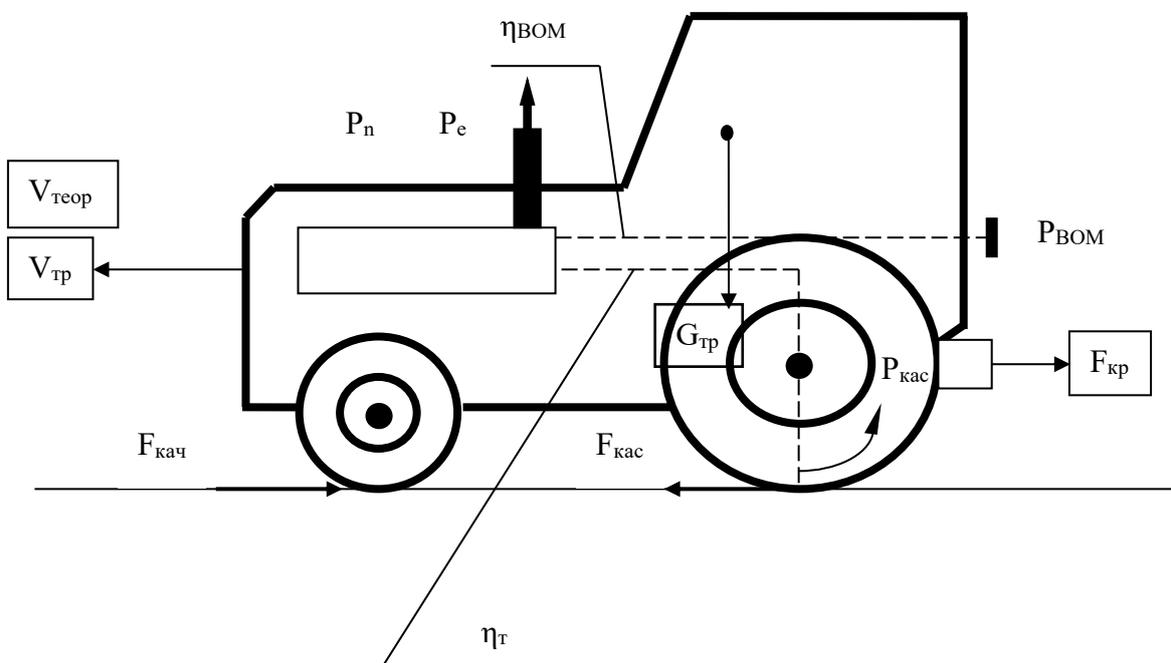


Рисунок 4.8 – Схема сил и потоков мощности, действующих на трактор при тяговых испытаниях

Измеряемыми по стандарту OECD величинами являются приведенные в протоколе испытаний при максимальной тяговой мощности:

$F_{кр}^б$	– тяговое усилие на крюке;
$V_{тр}^б$	– действительная скорость;
$V_{теор.}$	– теоретическая скорость;
$G_{тр}^б$	– сцепной вес трактора;
δ	– буксование $\left(\eta_{\delta}^б = \frac{100 - \delta}{100} \right)$;
P_n	– номинальная мощность двигателя.

($P_e = 0,9 \times P_n$ – эксплуатационная мощность двигателя. $P_e = \frac{P_{ВОМ}}{\eta_{ВОМ}}$).

Требуется определить для условий на стерне:

$F_{кр}^с, V_{тр}^с, P_{кр}^с, \eta_{тр}^с$ при $\delta^с = 15\%$ ($\eta_{\delta}^с = 0,85$),

и равных теоретических скоростях:

$$V_{теор.}^б = \frac{V_{тр}^б}{\eta_{\delta}^б} = \frac{V_{тр}^с}{\eta_{\delta}^с} \quad \text{или} \quad \frac{V_{тр}^б}{1 - \delta^б} = \frac{V_{тр}^с}{1 - \delta^с}, \quad \text{откуда}$$

1) Определение скорости на стерне.

$$V_{тр}^с = \frac{V_{тр}^б}{\eta_{\delta}^б} \cdot \eta_{\delta}^с = \frac{V_{тр}^б}{(1 - \delta^б)} \cdot (1 - \delta^с) = 0,85 \frac{V_{тр}^б}{1 - \delta^б} \quad (4.3)$$

2) Определение тягового усилия на стерне.

Из уравнения тяговой мощности на стерне:

$$F_{кр}^с \cdot V_{тр}^с = N_{кас} \cdot \eta_{\delta}^с - F_{кач}^с \cdot V_{тр}^с,$$

получаем тяговое усилие:

$$F_{кр}^c = \frac{N_{кас} \cdot \eta_{\delta}^c - F_{кач}^c \cdot V_{тр}^c}{V_{тр}^c} \quad (4.4)$$

Из уравнения тяговой мощности на асфальтобетоне

$$N_{кас} = \frac{F_{кр}^b \cdot V_{тр}^b + F_{кач}^b \cdot V_{тр}^b}{\eta_{\delta}^b} \quad (4.5)$$

Подставив (4.5) и (4.3) в (4.4), получим:

$$F_{кр}^c = \frac{\left(\frac{F_{кр}^b \cdot V_{тр}^b + F_{кач}^b \cdot V_{тр}^b}{\eta_{\delta}^b} \right) \cdot \eta_{\delta}^c - F_{кач}^c \cdot \frac{V_{тр}^b}{\eta_{\delta}^b} \cdot \eta_{\delta}^c}{\frac{V_{тр}^b}{\eta_{\delta}^b} \cdot \eta_{\delta}^c}$$

или

$$F_{кр}^c = F_{кр}^b + F_{кач}^b - F_{кач}^c; \text{ или с учетом } F_{кач}^b = G_{тр} \cdot f_b; F_{кач}^c = G_{тр} \cdot f_c \cdot$$

$$F_{кр}^c = F_{кр}^b - G_{тр} (f_c - f_b), \quad (4.6)$$

где $f_c; f_b$ - соответственно, коэффициенты сопротивления качению трактора на асфальтобетоне и стерне.

Коэффициенты сопротивления качению

Тип пути	Колесный трактор	Гусеничный трактор
Бетон	0,018	0,035...0,045
Стерня	0,10...0,12	0,07...0,08

Для колесного трактора: при $f_c=0,11$ $f_b=0,018$ $F_{кр}^c = F_{кр}^b - 0,092G_{тр} \cdot$

Для гусеничного трактора: при $f_c=0,075$ $f_b=0,04$ $F_{кр}^c = F_{кр}^b - 0,035G_{тр} \cdot$

3) Определение тяговой мощности на стерне.

$$P_{кр}^c = F_{кр}^c \cdot V_{тр}^c = \left[F_{кр}^b - G_{тр} (f_c - f_b) \right] \cdot \frac{V_{тр}^b}{\eta_{\delta}^b} \cdot \eta_{\delta}^c \cdot$$

При $\delta^c = 15\%$; $\eta_\delta^c = 0,85$.

$$P_{кр}^c = 0,85 \cdot \left[F_{кр}^b - G_T (f_c - f_b) \right] \cdot \frac{V_{тр}^b}{\eta_\delta^b}.$$

4) Определение условного тягового КПД на стерне.

$$\eta_{тр}^c = \frac{P_{кр}^c}{P_e} = \frac{P_{кр}^c}{P_{п} \cdot 0,9}.$$

Разработана структура базы данных по тяговым показателям отечественных и зарубежных тракторов.

Блочная структура базы данных тяговых показателей отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов, определенных по Межгосударственным (ИСО) и ОЭСР стандартам по максимальной эксплуатационной мощности двигателя.

База данных по тяговым показателям сельскохозяйственных тракторов разрабатывается с целью использования при гармонизации стандартов ИСО и ОЭСР, а также для прогнозирования эксплуатационных показателей МТА с зарубежными тракторами в хозяйственных условиях России. Для проведения рационального агрегатирования зарубежных тракторов, имеющих оценку тяговых свойств на бетоне, в базе данных приведены расчетные характеристики, относящиеся к стерне. Для отечественных тракторов, имеющих протокольные данные по тяговым показателям на стерне приводятся расчетные характеристики на бетоне, что позволяет проводить их сравнение с зарубежными моделями, представленными на российском рынке.

В связи с поставленными задачами разработана следующая структура базы данных (рисунок 4.9).



Рисунок 4.9 – Блочная структура базы данных тяговых показателей отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов, определенных по Межгосударственным (ИСО) и ОЭСР стандартам по максимальной эксплуатационной мощности двигателя

Разработана база данных тяговых показателей отечественных и зарубежных тракторов, приведенных к показателям классификации типажа сельскохозяйственных тракторов.

Форма для заполнения базы данных тяговых показателей отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов, определенных по Межгосударственным (ИСО) и ОЭСР стандартам по максимальной эксплуатационной мощности двигателя.

Пример в Word

В примере Word показана шифровка фиксируемых показателей в протоколах испытаний по стандарту ОЭСР CODE 2 (см. таблицы 4.21-4.25).

Таблица 4.21 – Содержание

Шифр показателя	Показатели	Торговая марка трактора			
				Massey Ferguson	
		Стерня (ИСО)	Бетон Code2 (OECD)	Стерня (ИСО)	Бетон Code2 (OECD)
		Шифр протокола (расчета)			
		1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
1	Страна		Титул проток.		Франция
2	Испытательный центр		Титул проток.		CEMAGREF, Antony
3	Номер протокола	Расчет	Титул проток.	расчет	16551
4	Дата утверждения протокола		Титул проток.		16.11.2010
5	Фирма-изготовитель		1.1		AGCO S.A.
6	Фирма-разработчик		1.1		
7	Тип трактора		1.1		4WD
8	Марка двигателя				SISU/AGCO POWER Inc. 66.633CTA-4V/Diesel
9	Мощность на ВОМ при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя, кВт		3.1.2		80,4
10	Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя		3.1.2		2200

Продолжение таблицы 4.21

1	2		3	4	5	6
11	Объем наработки, м·ч					
12	Максимальная мощность на ВОМ, кВт, $P_{\text{ВОМ}}^{\text{max}}$			3.1.1		94,0
13	Частота вращения, мин ⁻¹	коленчатого вала двигателя, $n_{\text{ДВОМ}}$		3.1.1		2000
14		ВОМ, $\eta_{\text{ВОМ}}$		3.1.1		983
15	КПД передачи от двигателя на ВОМ принят				0,93	0,93
16	Максимальная эксплуатационная мощность двигателя, кВт, $P_{\text{ес}}^{\text{max}}$				101,1	101,1
17	Тип трансмиссии			1.3		Hidrostatic variable cylinder in the both ways with two mechanical ranges
18	Эксплуатационная масса трактора, кг, $m_{\text{тэ}}$			2.3	7235	7235
19	Модель шин	- передних колес		2.6		GOODYEAR TM 818
20		- задних колес		2.6		GOODYEAR TM 818
21	Типоразмер шин	- передних колес				540/65R28
22		- задних колес				650/65R38
23	Давление в шинах, МПа	- передних колес		2.6		0,16
24		- задних колес		2.6		0,16
25	Номер передачи		3.3.1		T5	

Продолжение таблицы 4.21

1	2	3	4	5	6
26	Максимальная тяговая мощность, кВт, $P_{кр}^{max}$		3.3.1	53,97	78,6
27	Тяговое усилие, кН		3.3.1	23,55	30,2
28	Скорость, км/ч, v		3.3.1	8,25	9,37
29	Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин ⁻¹ , $n_{дтяг}$		3.3.1	2000	2000
30	Буксование, %, δ		3.3.1	15	3,5
31	Удельный расход топлива, г/кВт·ч, q		3.3.1	439,8	302
32	КПД трансмиссии (оценка по бетону), $\eta_{тр}$			0,840	0,840
33	Условный тяговый КПД, $\eta_{ту}$			0,534	0,777
34	Тяговый класс			2	
35	Категория задней навесной системы по ИСО		1.6		САТ 3
36	Максимальное подъемное усилие задней навесной системы, кН		3.2.2		60,8

Таблица 4.22 – Испытательные центры

Шифр	Наименование
1	Северо-Кавказская государственная зональная машиноиспытательная станция
2	Кубанская МИС
3	Семагреф
4	Небраска

Таблица 4.23 – Фирмы-изготовители

Шифр	Наименование
1	ООО «САМЭ ДОЙЦ-ФАР РУССИА»

Таблица 4.24 – Фирмы-разработчики

Шифр	Наименование
1	SAME DEUTZ-FAHR

Таблица 4.25 – Тип трансмиссии

Шифр	Тип трансмиссии
1	SAME DEUTZ-FAHR

Алгоритм приведения тяговых показателей трактора на бетоне к тяговым показателям на стерне с учетом информационной матрицы базы данных в Worde

1. Запись из 3.1.2 в **9** и **9А**.
2. $P_e^{\max} = \frac{1,1}{0,93}$.(стерня и бетон) $\rightarrow 17^c$.
3. Скорость $V_{\text{тр}}^c = 0,85 \frac{V_{\text{тр}}^6}{1 - \delta^6} = 0,85 \frac{34}{1 - \frac{36}{100}} \rightarrow 36^c$.
4. Тяговое усилие $F_{\text{кр}}^c = F_{\text{кр}}^6 - 0,092 \frac{G_{\text{тр}}}{100} = 33^6 - 0,092 \frac{19}{100} \rightarrow 33^c$.
5. Тяговая мощность $P_{\text{кр}}^c = F_{\text{кр}}^c \cdot V_{\text{тр}}^c = 33^c \frac{36^c}{3,6} \rightarrow 32^c$.
6. Условный тяговый КПД $\eta_{\text{тр}}^c = \frac{P_{\text{кр}}^c}{P_e^{\max}} = \frac{32^c}{17} \rightarrow 39^c$.
7. Условный тяговый КПД на бетоне $\eta_{\text{тр}}^6 = \frac{P_{\text{кр}}^6}{P_e^{\max}} = \frac{33^6}{17} \rightarrow 39^6$.
8. Мощность качения на бетоне $P_f^6 = 0,018 \cdot \frac{G_{\text{тр}}}{100} \cdot V_{\text{тр}}^6 = 0,018 \cdot \frac{19}{100} \cdot \frac{34^6}{3,6}$.
9. КПД качения $\eta_f^6 = \frac{32^6}{32^6 + P_f^6}$.
10. КПД трансмиссии на бетоне $\eta_m = \frac{\eta_{\text{тр}}^6}{\eta_{\delta} \cdot \eta_f} = \frac{39^6}{\left(1 - \frac{\delta^6}{100}\right) \cdot \eta} \rightarrow 38$.
11. Удельный расход на стерне $q^c = \frac{q^6 \cdot P_{\text{тр}}^6}{P_{\text{тр}}^c} = \frac{37^6 \cdot 32^6}{32^c} \rightarrow 37^c$.

* **9** – шифр строки.

Алгоритм приведения тяговых показателей трактора на стерне к тяговым показателям на бетоне

1. Скорость $V_{\text{тр}}^6 = \frac{V_{\text{тр}}^c \cdot (1 - \delta^6)}{(1 - \delta^c)}$, при $\delta^6 = 2,7\%$.
- $V_{\text{тр}}^6 = 0,93 \frac{V_{\text{тр}}^c}{(1 - \delta^c)}$.
2. Тяговое усилие $F_{\text{кр}}^6 = F_{\text{кр}}^c + 0,092 G_{\text{тр}}$.

Выводы по главе 4

1. Разработанная двухпараметрическая классификация типажа сельскохозяйственных тракторов содержит 11 тяговых классов с регламентированным по ГОСТ 27021-86 (кроме 0,1) номинальным тяговым усилием на стерне колосовых культур, сочетаемых с 12 мощностными рядами в диапазоне от 3 до 400 кВт.

2. Разработанный алгоритм приведения результатов определения тяговых показателей отечественных и зарубежных сельскохозяйственных тракторов позволяет гармонизировать их с соответствующими стандартами ИСО и CODE 2.

3. Разработанная база данных по тяговым показателям сельскохозяйственных тракторов будет применяться при гармонизации стандартов ИСО и ОЭСР, а также для прогнозирования эксплуатационных показателей МТА с зарубежными тракторами в хозяйственных условиях России.

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОТРЕБНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРАХ

Разработанный типаж тракторов, содержащий множество моделей, которые, в принципе, позволяют решать поставленные технологические проблемы по производству сельскохозяйственных культур в заданных почвенно-климатических и хозяйственных условиях при этом, возникает задача определения удельной (на 1000 га пашни) и общей (по стране) количественной и энергетической технологически достаточной потребности в технике. Разделение количества и энергии связано с различной средней мощностью тракторов, рациональный уровень которой определяется исходя из размеров хозяйств, в которых они используются.

5.1 Коэффициенты перевода в эталонные тракторы на основе методики технического нормирования

Рациональное развитие материально-технической базы является важнейшим фактором повышения эффективности и стабильности сельскохозяйственного производства.

Одним из главных инструментов решения этой сложнейшей проблемы служит разработка и применение научно-обоснованных нормативов потребности в сельскохозяйственной технике [128].

Потребность технических средств в период плановой экономики определялась в соответствии с методикой ВИМ (рисунок 5.1).

Представленная схема методологически была основана на представлении сельского хозяйства страны ограниченной совокупностью модельных хозяйств, в которых потребность в технике определялась путем экономико-математического оптимального планирования.

При этом в соответствии с работами Барама Х.Г. в качестве единицы измерения суммарной выработки тракторных агрегатов принимался *«условный эталонный гектар»* (условно-натуральная единица), т.е. объем

работ, соответствующий вспашке одного гектара в следующих, принимаемых за эталонные, условиях:

- удельное сопротивление – 0,50 кГ/см² при скорости движения агрегата 5 км/ч;
- глубина обработки – 20-22 см (средняя – 21 см);
- агрофон – стерня зерновых на почвах средней прочности по несущей поверхности (средние суглинки) при влажности почвы до 20-22%;
- рельеф – ровный (угол наклона до 1°);
- конфигурация – правильная (прямоугольная);
- длина гона – 800 м;
- высота над уровнем моря – до 200 м;
- каменистость и препятствия – отсутствуют.

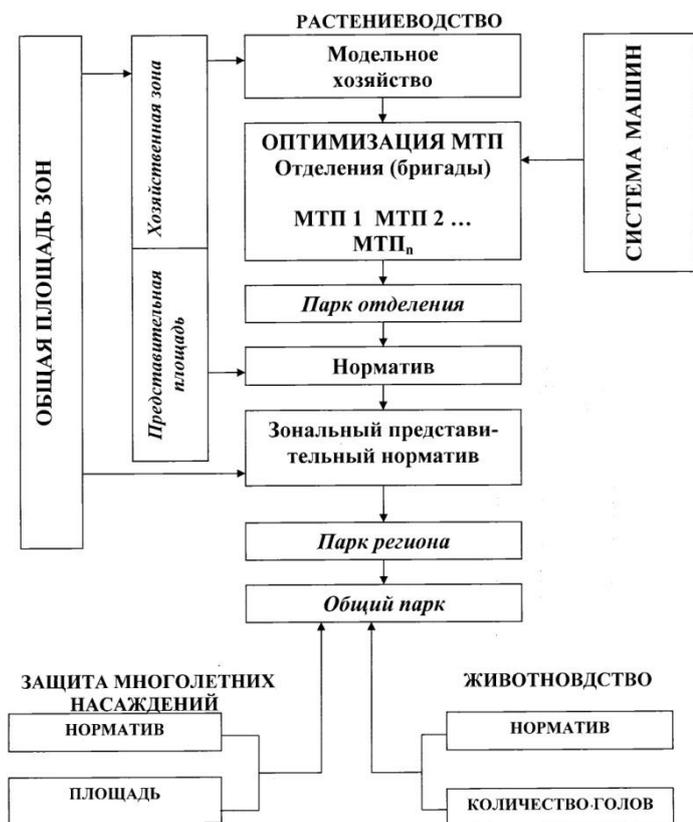


Рисунок 5.1 – Структурная схема разработки нормативов потребности и определение технологически потребного машинно-тракторного парка России в дореформенный период

Выработка трактора данной марки в эталонных условиях, определяемая по методике технического нормирования, называлась эталонной выработкой трактора.

Значения эталонной выработки за 7-часовую смену и за 1 час сменного времени тракторов различных марок, установленные по методике нормирования механизированных полевых работ, утверждались Министерством сельского хозяйства СССР и Всесоюзным объединением «Союзсельхозтехника» (1969 г.)

За условный эталонный трактор принимался трактор, вырабатывающий за 1 час сменного времени один условный эталонный гектар.

Перевод физических тракторов (помарочно) в условные эталонные основывался на соотношениях их эталонной выработки.

Коэффициент перевода, равный 1,00 имели тракторы ДТ-75, Т-75 и Т-74 с мощностью двигателя 75 л.с.

Переход от плановой экономики к рыночным отношениям вызвал значительные изменения в обеспечении сельского хозяйства техникой. Если до 90-х годов выпуск машин осуществлялся, в основном, только на заводах министерства сельскохозяйственного машиностроения, то в настоящее время средства механизации производятся практически во всех республиках, областях и краях Российской Федерации, как на федеральном, так и на региональном уровнях.

Поэтому для определения потребности в необходимых средствах механизации на уровне хозяйств целесообразно использовать условные коэффициенты, применительно к базовым типам техники.

Выполнение расчетов потребности в технике с использованием условных коэффициентов позволяет оценить существующий уровень обеспеченности хозяйства необходимыми машинами, и, самое главное, – определить нормативную потребность и количество техники различных типоразмеров, которые следует приобрести для оптимального технического обеспечения выполнения всех используемых и намечаемых к дальнейшему применению прогрессивных технологий.

В основу разработки нормативов потребности в качестве исходных данных были положены нормативообразующие факторы для групп хозяйств

выделенных регионов. Гусеничный трактор 90 л.с. был выбран в качестве эталонного, у которого коэффициент перевода физических энергосредств в условные (эталонные) равен единице.

5.2 Моделирование потенциальной сменной производительности пахотных агрегатов как основы для расчета условных коэффициентов перевода тракторов в эталонные единицы с учетом их технического уровня

При существующем многообразии конструкций и марок машин очень трудно выбрать нужную для сельскохозяйственных предприятий технику и обосновать потребность в ней.

Рассматривая конкурирующие модели необходимо учитывать показатели технического уровня, влияющие на сменную производительность. Всего предлагается учитывать 19 показателей (таблица 5.1) [34, 129].

Сравнить потенциальную эффективность тракторов с учетом различий в техническом уровне позволяет компьютерное моделирование сменной производительности пахотных агрегатов в эталонных условиях (таблица 5.2).

Таблица 5.1 – Показатели технического уровня трактора, учитываемые при моделировании сменной производительности пахотных агрегатов

Система	Показатели
Трактор	Эксплуатационная масса, m , кг Автоматизация управления поворотом Расположение пульта управления: справа (по центру) Минимальный радиус поворота, м
Двигатель	Эксплуатационная мощность P_n , кВт Коэффициент запаса крутящего момента, $K_{зап}$
Трансмиссия	Механическая: ПСР, ПНХ, АПНХ Отношение передаточных чисел, q Гидромеханическая Гидрообъемная
Колёсный движитель	Колёсная формула: 4К2, 4К4а, 4К4б
Гусеничный движитель	Металлическая гусеница: МШ, РМШ Резиноармированная гусеница: ФЗ, ЦЗ

ПСР – переключение с разрывом потока мощности;
ПНХ – переключение на ходу;
АПНХ – автоматическое переключение на ходу;
 P_n – мощность эксплуатационная
(по ГОСТ 18509-88 или ISO)

МШ – металлический шарнир;
РМШ – резино-металлический шарнир;
ФЗ – фрикционное зацепление;
ЦЗ – цевочное зацепление.

Таблица 5.2 – Эталонные условия

Показатель	Единица измерения	Численное значение
Площадь поля	га	50,0
Длина гона	м	800
Удельное сопротивление (базовое значение)	кПа	55
Коэффициент прироста удельного сопротивления	% на 1 км/ч	3,5
Среднее расстояние переезда	км	5

При этом в качестве базового значения выбирается сменная производительность пахотного агрегата на базе условного эталонного трактора ТЭ-120, по характеристикам близкого к трактору ДТ-75Д (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Характеристика эталонного трактора ТЭ-120

Система	Показатели		
	Наименование	Единица измерения	Численное значение
Трактор	Эксплуатационная масса	кг	6300
	Автоматизация управления поворотом		нет
	Расположение пульта управления		Справа
	Минимальный радиус поворота	м	2,4
Двигатель	Эксплуатационная мощность	кВт	88,2
	Коэффициент запаса крутящего момента	%	15
Трансмиссия	Механического типа		Переключение с разрывом пока мощности (ПСР)
Движитель	Гусеничный		С металлическим шарниром

Обобщенным показателем технического уровня принято отношение k , сменной производительности пахотного агрегата на основе рассматриваемой

модели трактора $W_{см}$ к сменной производительности пахотного агрегата $W_{см}^э$ на основе эталонного трактора ТЭ-120, которое называется коэффициентом перевода в эталонные тракторы:

$$k_э = \frac{W_{см}}{W_{см}^э}. \quad (5.1)$$

Математическая модель расчёта сменной производительности пахотного агрегата в эталонных условиях:

- определение мощности тракторного двигателя в эксплуатационных условиях

Вспашка представляет собой наиболее энергоёмкую технологическую операцию по возделыванию сельскохозяйственных культур. Для получения максимальной производительности двигатель трактора должен был иметь максимальную загрузку по мощности.

Характеристики двигателя при стендовых испытаниях получают путем задания на тормозном стенде ряда, практически постоянных во времени, нагрузок (моментов сопротивления). При этом максимальная мощность двигателя достигается в точке в номинальном режиме, т.е. $P_{д.мах} = P_n$.

В эксплуатационных условиях происходят непрерывные колебания момента сопротивления, приводящие к отклонению средних значений выходных показателей (мощности, угловой скорости и т.д.) от их значений, полученных (при одинаковых значениях средней загрузки по крутящему моменту) в результате стендовых испытаний.

На основании проведенных теоретических исследований и экспертных оценок [130-134] получены упрощенные зависимости соотношения $\zeta_{э,д}$ мощностей двигателя в эксплуатационном $P_{д,э}$ и стендовом P режимах от коэффициента загрузки двигателя ξ_q и запаса крутящего момента $K_{зан}$:

$$\zeta_{э,д} = \begin{cases} 0,94 + 0,25 (1 - \xi_q)(0,7 + 0,26K_{зан}) & \text{при } \xi_q < 1 \\ 0,94 + 0,34 (1 - \xi_q)(0,7 + 0,26K_{зан}) & \text{при } \xi_q > 1 \end{cases} \quad (5.2)$$

где $\zeta_{э.д} = P_{д.э} / P_{д.см}$ (при расчетном $\zeta_{э.д} > 1$, следует принять $\zeta_{э.д} = 1$);
 $K_{зан} = M_{max} / M_n$ – запас крутящего момента (По ГОСТ 18509-88 коэффициент запаса крутящего момента определяется выражением:
 $K_{зан}^* = (M_{max} - M_n) / M_n \cdot 100\%$); M_{max} – максимальный крутящий момент двигателя.

При возрастании коэффициента средней эксплуатационной загрузки увеличивается вероятность выхода угловой скорости вала двигателя за минимальное значение, после которого происходит заглохание двигателя. Во избежание этого, оператор подбирает рабочую передачу, исходя из условия получения максимальной производительности, на основе компромисса между скоростью агрегата и необходимым количеством переключения передач.

Здесь возникает задача нахождения максимального (допустимого) коэффициента загрузки двигателя ξ_q^{don} , при котором количество выбросов процесса изменения угловой скорости за некоторый уровень не превышало заданного значения. Очевидно, что значение ξ_q^{don} зависит от запаса крутящего момента двигателя, квалификации оператора и уровня автоматизации управления трансмиссией и других факторов.

На основании теоретических исследований и экспертных оценок [135-143] получены упрощенные зависимости, связывающие допустимый коэффициент средней эксплуатационной загрузки и коэффициент запаса крутящего момента двигателя. При использовании трактора, оборудованного ступенчатой механической трансмиссией, в которой переключение передач производится с разрывом потока мощности (ПСР), указанная выше зависимость может быть представлена в виде:

$$\xi_{q.ПСР}^{don} = \begin{cases} 0,92 + 0,86(K_{зан} - 1,15) & \text{при } K_{зан} < 1,3 \\ 1,05 + 0,6(K_{зан} - 1,3) & \text{при } K_{зан} > 1,3 \end{cases} \quad (5.3)$$

При оборудовании тракторов трансмиссиями с переключением передач на ходу (ПНХ) или автоматическим переключением передач на ходу (АПНХ)

значения допустимых коэффициентов загрузки соответственно увеличиваются:

$$\xi_{q.ЛНХ}^{\text{доп}} = 1,03 \xi_{q.ПСР}^{\text{доп}} \quad \text{и} \quad \xi_{q.АПНХ}^{\text{доп}} = 1,05 \xi_{q.ПСР}^{\text{доп}}. \quad (5.4)$$

Таким образом, средняя мощность тракторного двигателя в эксплуатационных условиях определяется по формуле:

$$\bar{P}_\partial = P_H \xi_\partial^{\text{доп}} w(\xi_\partial^{\text{доп}}) \xi_{\partial, \partial}, \quad (5.5)$$

где P_H – номинальная мощность двигателя; $w = \omega_\partial / \omega_H$ – относительная частота вращения вала двигателя; $w(\xi)$ – уравнение скоростной характеристики двигателя (включая регуляторную и корректорную ветвь) по крутящему моменту.

- определение мощности на ведущих колесах трактора:

Коэффициент средней эксплуатационной загрузки ξ_q двигателя не является постоянным, если его рассматривать на большем интервале времени, например, в течение времени смены. Его можно рассматривать как отношение низкочастотного процесса изменения момента сопротивления $Q(t)$ к номинальному крутящему моменту, т. е. $\xi_q(t) = \frac{Q(t)}{M_H}$ (под низкочастотным возмущающим воздействием понимается воздействие, реакции объекта на которое носит статистический характер, т.е. ускорения системы пренебрежимо малы).

При оборудовании трактора ступенчатой трансмиссией, коэффициент средней эксплуатационной загрузки будет меняться от своего максимального значения $\xi_q^{\text{доп}}$ до минимального, определяемого отношением передаточных чисел на смежных передачах μ . Вследствие этого средняя мощность на ведущих колесах будет уменьшаться.

На основании проведенных исследований [132-134] выявлено, что коэффициент снижения мощности можно вычислить по упрощенной формуле:

$$\zeta_\mu = 0,96 - 0,27(\mu - 1,15). \quad (5.6)$$

С учётом этого, мощность на ведущих колёсах трактора, можно вычислить по формуле:

$$P_k = \bar{P}_d \zeta_\mu(\mu) \eta_m, \quad (5.7)$$

где η_m – КПД механической трансмиссии.

При использовании гидромеханической (гидродинамической) трансмиссии колебания момента сопротивления только в небольшой степени передаются на двигатель.

Теоретические исследования показали, что суммарный коэффициент учитывающий изменение мощности (по сравнению со стендовым режимом) можно принять равным $\zeta_{\delta,z}^{\delta,z} = \zeta_{\delta,d} \cdot \zeta_{z,z} = 0,96 \dots 0,98$ [144], где индекс δ – относится к двигателю, а индекс z – к гидротрансформатору. Мощность на ведущих колесах трактора с гидромеханической трансмиссией вычисляется по формуле:

$$P_k = P_n \zeta_{\delta,z}^{\delta,z} \eta_z \eta_m, \quad (5.8)$$

где η_z – КПД гидротрансформатора в точке максимума; η_m – КПД механической части трансмиссии.

Внешняя скоростная характеристика моторно-трансмиссионной установки (МТУ) двигатель - гидрообъёмная (гидростатическая) трансмиссия близка к гиперболической. В этом случае характеристики МТУ, получаемые в стендовых и эксплуатационных условиях совпадают [131, 141, 142].

Мощность на ведущих колесах трактора с гидрообъёмной трансмиссией определяется по формуле:

$$P_k = P_n \eta_{zob}, \quad (5.9)$$

где η_{zob} – КПД гидрообъёмной передачи.

Определение режима работы и ширины захвата агрегата:

Уравнение баланса мощности на ведущих колёсах имеет вид:

$$P_k \eta_x = F_{kp} v, \quad (5.10)$$

где P_k – мощность на ведущих колесах трактора, кВт; η_x – тяговый КПД ходовой системы; F_{kp} – тяговое усилие, кН; v – скорость агрегата, м/с.

Скорость агрегата определяется из условия максимума тягового КПД трактора:

$$v = v_0 = \frac{P_k \eta_x(\varphi_0)}{F_{кр}} = \frac{P_k \eta_x(\varphi_0)}{\varphi_0 G_э}, \quad (5.11)$$

где φ_0 – относительная сила тяги в точке максимума КПД; $G_э$ – эксплуатационный вес трактора, кН; $\eta_x(\varphi)$ – характеристика тягового КПД ходовой системы в параметрах подобия [145].

Ширина захвата агрегата (м) определяется по формуле:

$$B_p = \frac{F_{кр}}{k_{y\partial}(v) a_n} = \frac{\varphi_0 G_э}{k_{y\partial}(v) a_n}, \quad (5.12)$$

где a_n – глубина вспашки, принятая равной 0,22 м.

Зависимость удельного сопротивления (кН/м²) от скорости представлена в виде линейной функции:

$$k_{y\partial}(v) = k_{y\partial}^* + \varepsilon(v - v^*), \quad (5.13)$$

где $k_{y\partial}^*$ – удельное сопротивление почвы (кН/м²) при базовой скорости 2,2 м/с (8 км/ч); ε – коэффициент прироста тягового сопротивления по скорости (принято $\varepsilon = 6,6$ кНс/м³, что соответствует возрастанию сопротивления на 3,5% на 1 км/ч скорости).

Предельно допустимая по агротехническим условиям скорость агрегата на вспашке принята равной $V_{\max} = 3$ м/с (11 км/ч). При этом требуемое значение силы тяги трактора определяется путем решения трансцендентного уравнения:

$$P_k \eta_x(\varphi_{кр}) = F_{кр} v_{\max} \Rightarrow P \eta_x(\varphi_{кр}) - \varphi_{кр} = 0 \Rightarrow F_{кр} = \varphi_{кр} G_э \quad (5.14)$$

Если найденное значение относительной силы тяги превышает допустимое по буксованию, то следует принять $\varphi_{кр} = \varphi_0$. При этом значения скорости и ширины захвата агрегата определяются по формулам:

$$v = \frac{P_k \eta_x(\varphi_0)}{\varphi_0 G_э}; \quad B_p = \frac{\varphi_0 G_э}{k_{y\partial}(v_{\max}) a_n}. \quad (5.15)$$

Найденное значение ширины захвата плуга B_p необходимо увязать с габаритной шириной трактора. Считая, что полевая доска среднего корпуса проходит через продольную ось трактора, минимальная ширина захвата плуга определяется по формуле:

$$B_p = B_T + 2\Delta, \quad (5.16)$$

где Δ – расстояние (м) от задних колес (гусениц) правого борта трактора до борозды (для гусеничных тракторов принято $\Delta = 0,23$ м, для колёсных $\Delta = 0,275$ м); B_T – габаритная ширина трактора.

Колесные тракторы, у которых ширина шины меньше ширины корпуса плуга, могут двигаться правым бортом в борозде, например, пахотные агрегаты на базе трактора МТЗ-80. В этом случае минимальная ширина захвата плуга равна:

$$B_p^{\min} = B_T - 2B_{ш}$$

где $B_{ш}$ – ширина шины заднего колеса, м.

Тяговое усилие трактора и скорость агрегата определяются путем решения системы двух трансцендентных уравнений относительно $\varphi_{кр}$ и v :

$$\left. \begin{aligned} P_k \eta_x(\varphi_{кр}) &= \varphi_{кр} G_\varepsilon v \\ \varphi_{кр} G_\varepsilon &= k_{y\partial}(v) a_n B_p^{\min} \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_{кр} = \varphi_{кр} G_\varepsilon. \quad (5.17)$$

Приведенная система легко сводится к одному уравнению, что значительно упрощает задачу. Действительно, воспользовавшись первым уравнением системы (5.17), выразим скорость в явном виде от $\varphi_{кр}$:

$$v(\varphi_{кр}) = \frac{P_k \eta_x(\varphi_{кр})}{\varphi_{кр} G_\varepsilon}. \quad (5.18)$$

Далее подставив $v(\varphi_{кр})$ во второе уравнение системы (5.17) получим уравнение с одним неизвестным относительно $\varphi_{кр}$.

- *определение коэффициента использования времени смены и производительность МТА:*

Производительность агрегата в час сменного времени (га/ч) по определению равна:

$$W_{см} = W_ч \tau_{см} \quad (5.19)$$

Коэффициент использования времени смены $\tau_{см}$ вычисляется через поэлементные составляющие в виде:

$$\tau_{см} = \frac{\tau_1}{1 + \tau_{нов} + \tau_{н.у} + \tau_{т.о} + \tau_{пер}} \quad (5.20)$$

где τ_1 - коэффициент не зависящий от ширины захвата и рабочей скорости $\tau_{нов}$, $\tau_{н.у}$, $\tau_{т.о}$ и $\tau_{пер}$ - относительные затраты времени, соответственно, на повороты, на устранение нарушений технологического процесса и технический уход в борозде, на технологическое обслуживание, на переезды и перестроения агрегата из рабочего положения в транспортное, и наоборот.

Коэффициент использования времени смены $\tau_{см}$ пахотных агрегатов с ротационным плугом выше, чем с лемешным (в обычном исполнении), за счёт сокращения непроизводительных затрат при челночном способе движения, по сравнению с загонным. Разрыв увеличивается при уменьшении размеров поля.

При загонном способе движения относительные затраты времени на повороты и холостой ход определяется по формуле [146]:

$$\tau_x = \frac{v_p}{v_x(C) l_p C} [0,5C^2 + C(R + 2e + B_p) + 8R^2 + 2B_p(l_p + 2R + 2e)], \quad (5.21)$$

где C , R , и e - соответственно ширина загонки, радиус поворота и длина выезда агрегата.

Если считать скорость холостого хода v_x не зависящей от ширины загонки, например равной рабочей, то оптимальное значение величины C определяется по формуле [147]:

$$C_{opt} = 2\sqrt{4R^2 + B_p(l_p + 2R + 2e)}. \quad (5.22)$$

При челночном способе движения относительные затраты времени на повороты равны:

$$\tau_{нов} = \gamma_{нов} W_{\text{ч}}, \quad \gamma_{нов} = \frac{k_{нов}}{0,36 v_{нов} l_p}, \quad (5.23)$$

где $k_{нов} = l_n / B_p$ – кинематическая характеристика агрегата ; l_n – длина поворота, м; $v_{нов}$ – скорость агрегата на повороте; l_p – длина гона.

Относительные затраты времени на переезды с поля на поле и перестроение агрегата при переездах определяются по формуле [144]:

$$\tau_{пер} = \gamma_{пер} W_{\text{ч}}; \quad \gamma_{пер} = \frac{l_{пер}}{v_{пер} A_n} + 2 \frac{t_{нс}}{A_n}, \quad (5.24)$$

где $l_{пер}$ и $v_{пер}$ – соответственно среднее расстояние переезда (км) и скорость агрегата (км/ч); A_n – средняя площадь поля, га; $t_{нс}$ – время одного перестроения, ч.

- оценка тягово-энергетических характеристик трактора по безразмерным параметрам подобия:

В качестве исходного энергетического показателя трактора принята его потенциальная безразмерная тяговая характеристика, представляющая зависимость тягового КПД η_T и буксования δ от коэффициента использования сцепного веса $\varphi_{кр}$ (рисунок 5.2).

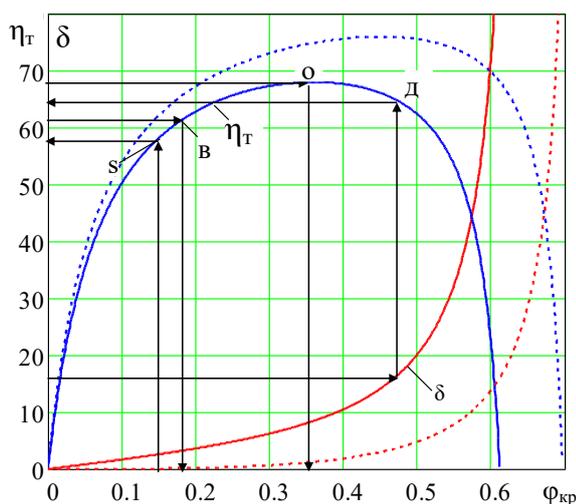


Рисунок 5.2 – Безразмерная потенциальная тяговая характеристика трактора и координаты опорных точек агрофон – стерня
 ———— 4К4а; - - - - - гусеничный

Базовой зависимостью для расчета безразмерной тяговой характеристики является зависимость буксования δ от коэффициента использования сцепного веса $\varphi_{кр}$, которая достаточно точно аппроксимируется в виде:

$$\delta(\varphi_{кр}) = \frac{a\varphi_{кр}}{b - \varphi_{кр}}. \quad (5.25)$$

В предлагаемом выражении коэффициенты a и b однозначно связаны в точке максимума тягового КПД ($\eta_{тmax}$) со значениями $\varphi_{кр}$ и δ . Данная связь позволяет закординированными опорными точками задать протекание безразмерной потенциальной характеристики трактора с учетом показателей технического уровня движителя.

В качестве опорных точек (рисунок 5.2), приняты следующие:

o – максимальное значение КПД η_t ; δ – предельно допустимое буксование;

$в$ – левая граница работы трактора по допустимому снижению η_t ;

s – нижняя граница тягового диапазона.

На основании анализа имеющихся данных об изменениях тяговых показателей тракторов с различными типами ходовых систем произведено

системное взаимосвязанное распределение опорных точек безразмерных тяговых характеристик тракторов в координатах $\varphi_{кр}$, η_t и δ в зависимости от основных показателей технического уровня ходовой системы (таблица 5.4).

Всего 7 вариантов, самый высокий тяговый КПД 78% соответствует гусеничному движителю с резинометаллическими шарнирами, наиболее низкий тяговый КПД 64% относится к колесной формуле 4К2.

Таблица 5.4 – Координаты опорных точек безразмерной тяговой характеристики трактора в зависимости от показателей его технического уровня (на стерне)

Показатель	Базовые значения	Диапазон изменения	Координаты базовых точек									
			o			d			e		s	
			η_t	$\varphi_{кр}$	δ	η_t	$\varphi_{кр}$	δ	η_t	$\varphi_{кр}$	η_t	$\varphi_{кр}$
Колесный движитель	4К4а	4К2	0,64	0,33	0,1	0,613	0,432	0,18	0,544	0,145	0,471	0,10
		4К4а	0,68	0,36	0,085	0,653	0,48	0,16	0,578	0,146	0,504	0,10
		4К4б	0,68	0,37	0,08	0,653	0,49	0,16	0,578	0,146	0,10	0,10
Гусеничный движитель	МШ	МШ	0,76	0,50	0,03	0,754	0,553	0,05	0,646	0,192	0,515	0,1
		РМШ	0,78	0,50	0,03	0,754	0,55	0,05	0,66	0,19	0,53	0,1
		РАГФЗ	0,75	0,51	0,03	0,75	0,56	0,05	0,64	0,19	0,515	0,1
		РАГ ЦЗ	0,77	0,52	0,03	0,74	0,57	0,05	0,63	0,19	0,52	0,1

Определенная в соответствии с техническим уровнем ходовой системы потенциальная тяговая характеристика и заданная характеристика зависимости удельного сопротивления плуга от скорости позволяют найти рабочую ширину B и рабочую начальную скорость агрегата V_0 при полной загрузке двигателя (с учетом агротехнических ограничений).

С учетом затрат времени на повороты, переезды, технологическое обслуживание определяется начальное значение коэффициента использования времени смены τ_0 .

Начальные значения рабочей скорости и коэффициента использования времени смены подлежат уточнению в соответствии с показателями технического уровня трактора (рисунок 5.3) [34].



Рисунок 5.3 – Последовательность учета показателей технического уровня трактора при моделировании сменной производительности пахотного агрегата

Выбор значения поправки определяется в соответствии с отклонением характеристики технического уровня от ее базового значения (таблица 5.5) [34].

Рассмотрим наиболее значительное влияние на показатель сменной производительности отдельных составляющих технического уровня тракторов.

Коэффициент запаса крутящего момента оказывает существенное влияние на эксплуатационно-технологические показатели МТА за счет повышения коэффициента средней эксплуатационной загрузки двигателя и снижения потерь времени на переключение передач. Так снижение запаса крутящего момента до 10% уменьшает производительность агрегата на 9,3% по сравнению с запасом 15% (принятым за базовый).

Таблица 5.5 – Обобщенная оценка влияния показателей технического уровня тракторов на сменную производительность МТА

Показатель	Базовые значения	Диапазон изменения	Влияние в % при постоянных: мощности, массе и прочих показателях технического уровня		
			V_p	$\tau_{см}$	$W_{час смены}$
Коэффициент запаса крутящего момента	15%	10%	-5,6	-4,0	-9,3
		15%	0	0	0
		30%	+9,0	+4,5	+14,0
		45%	+10,3	+5,1	+16,1
Тип трансмиссии	ПСР	ПСР	0	0	0
		ПНХ	+4,8	+6,0	+11,1
		АПНХ	+5,2	+8,3	+14,0
		Гидромеханическая	-8,0	+3,6	-4,7
		Гидрообъемная	-7,8	+3,3	-4,1
Отношение передаточных чисел	1,15	1,1	+1,4	0	+1,4
		1,15	0	0	0
		1,20	-1,4	0	-1,4
		1,25	-2,8	0	-2,8
Автоматизация управления поворотом	Отсутствует	Отсутствует			
		Имеется	-	+4,0	+4,0
Расположение поста управления	Справа	Справа	-	0	0
		По центру	-	+7,0	+7,0
Минимальный радиус поворота (max угол поворота)	(35°)	25	-	-1,2	-1,2
		35	-	0	0
		45	-	+1,2	+1,2

Увеличение запаса крутящего момента до 30% повышает производительность агрегата на энергоемких операциях до 14,0%. При дальнейшем повышении $K_{зап}$ темп увеличения производительности снижается.

В качестве базового варианта трансмиссии трактора выбрана трансмиссия с переключением передач с разрывом потока мощности (ПСР), сравнение с которой дает хорошее представление о прогрессе в области силовых передач машин. При переключении передач без разрыва потока мощности на ходу (ПНХ) повышение производительности агрегата достигается в основном за счет уменьшения потерь времени на переключении и при 15% коэффициенте запаса крутящего момента достигает 11,1%. При

автоматизированном переключении прирост производительности достигает 14,0%.

Производительность агрегатов с гидродинамической и гидрообъемной трансмиссией в целом ниже, чем с механической за счет меньшего значения КПД этих передач. Однако указанная разница в КПД нивелируется внутренним автоматизмом работы гидромеханической и гидрообъемной передач.

Тракторы высокого технического уровня, например, типа «Челленджер» имеют возможность автоматизировать движение агрегата на поворотной полосе. Это позволяет повысить производительность агрегата на 4% за счет снижения потерь времени на холостой ход.

Центральное положение пульта управления позволяет в пахотных агрегатах перейти, при использовании оборотных плугов, от загонного способа движения к челночному. Это, в свою очередь, дает в зависимости от длины гона, выигрыш в производительности 4-10%.

Описанная последовательность расчета сменной производительности пахотного агрегата была использована при разработке «Методических рекомендаций по определению нормативной потребности в сельскохозяйственной технике для растениеводства» В данных методических указаниях приведены значения потенциальной производительности пахотных агрегатов в эталонных условиях для 126 марок тракторов, представленных на российском рынке, включая 42 – РФ, 48 – СНГ, 36 – Дальнего зарубежья.

Пример коэффициентов перевода в эталонные тракторы представлены в таблица 5.6.

Таблица 5.6 – Коэффициенты перевода в эталонные единицы сельскохозяйственных тракторов

Марка фирмы (страна)	Эксплуатационная мощность двигателя, кВт	Эксплуатационная масса трактора, кг	Рабочая скорость пахотного агрегата, км/ч	Коэффициент использования времени смены	Производительность в час сменного времени, га	Коэффициент перевода в эталонные тракторы	Коэффициент перевода в эталонные тракторы
						ТЭ-120	ТЭ-150
«Эталон ТЭ-120»	88,2	6300	6,50	0,79	1,15	1	0,77
«Эталон ТЭ-150»	110,3	8000	6,50	0,75	1,5	1,3	1
ЗАО «Петербургский тракторный завод» (Россия)							
К-745	364,0	18800	11,00	0,51	3,27	2,84	2,18
К-744Р	205,0	15060	8,02	0,64	2,29	1,99	1,53
ЗАО «Агротехмаш» (Россия)							
К5280 АТМ	195,0*	9070	11,00	0,70	2,39	2,08	1,59
К3180 АТМ	130,0*	7000	11,00	0,77	1,77	1,51	1,18
«John Deere»							
JD 9520	331,0	16500	11,00	0,57	3,29	2,87	2,19
JD 8430	225,0	16500	11,00	0,67	2,75	2,39	1,83
JD 7830	150,7	8600	11,00	0,74	1,98	1,72	1,32
«Buhler»							
Buhler 435	324,0	149502	11,00	0,59	3,37	2,93	2,25

5.3 Оценка состояния тракторного парка АПК по нормативам

Детализация общей технологической потребности уточняется по нормативам в которой технологическая потребность тракторов для сельскохозяйственных организаций в целом для Российской Федерации определена в разрезе 14 агрозон определена исходя из принятых нормативов для обработки 90 млн. га пашни требуется 1098,46 тыс. тракторов 9 тяговых

классов, из которых 692,01 тыс. колесных тракторов и 406,45 тыс. гусеничных тракторов.

В качестве эталонных машин приняты тракторы ТЭ-120 и ТЭ-150 (марки условные).

Первый соответствует современному техническому уровню, что позволяет производить расчеты до 2025 г. Второй эталонный образец может использоваться в расчетах после 2025 г.

Трактор с условной маркой ТЭ-120 – гусеничный, эксплуатационная мощность – 88,2 кВт, ширина захвата пахотного агрегата – 2,24 м, коэффициент использования времени смены – 0,79, производительность в час сменного времени – 1,15 га.

Трактор с условной маркой ТЭ-150 – гусеничный, эксплуатационная мощность – 110,3 кВт, ширина захвата пахотного агрегата – 2,59 м, коэффициент использования времени смены – 0,75, производительность в час времени – 1,5 га.

Результаты расчета технологической потребности в сельскохозяйственных тракторах для агрозон России, в условных эталонных единицах, представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Технологическая потребность в сельскохозяйственных тракторах для РФ

Федеральный округ	Агрозоны	Эталонный трактор ТЭ-120			Эталонный трактор ТЭ-150		
		в парке			в парке		
		всего	в т.ч. кол.	в т.ч. гус.	всего	в т.ч. кол.	в т.ч. гус.
Россия	В целом	1438940,1	772114	666826	1193267	631730	561538
1. Центральный	1.1	126098,5	107371	18727,5	106122,5	91140,5	14982
	1.2	155668,32	98691,7	56976,6	129214,9	79360,3	51889,4
2. Северо-Западный	2	33265,12	27621,9	5643,19	27324,92	22572,8	3564,12
3. Южный	3.1	157084,78	89048,1	68036,7	124067	73039,4	54029,2
	3.2	110432	60737,6	49694,4	87655,4	49694,4	37961
	3.3	20327,76	11418,7	8909,08	16061,44	9411	7026,88
	3.4	2346,84	1151,28	1195,56	2280,42	509,22	952,02
4. Приволжский	4.1	43657,58	27974,8	15682,8	34756,52	23312,3	11444,2
	4.2	314446,8	155856	158591	259760,4	123044	136716
	4.3	40509,59	25109,3	15400,3	34148,58	20422,2	13726,4
5. Уральский	5.1	26540,8	15312	11228,8	20926,4	9187,2	9187,2
	5.2	68350,92	33139,8	35211,1	54887,86	26926,1	26926,1
6. Сибирский	6.1	179687,2	109446	70241,4	147016,8	88210,1	60440,2
	6.2	52368,29	33048	19320,3	42708,12	23896,2	18303,5
7. Дальневосточный	7.1	2850,76	2591,6	259,16	2591,6	2332,44	259,16
	7.2	28981,2	10143,4	18837,8	24151	7969,83	16181,2
8. Северо-Кавказский	8.1	25890,8	13022	12868,8	19456,4	3983,2	8426
	8.2	62231,66	35277,8	26953,8	49151,12	28935,7	21404,5

При прогнозе развития парка тракторов до 2030 г. необходимо учесть возрастание средней мощности тракторов в парке с 99,4 л.с. в 2010 г. до 140-145 л.с. в 2030 г., что в сочетании с повышением технического уровня тракторов позволит технологически потребный физический парк ограничить количеством 900 тыс. эт. тракторов для 90 млн га пашни.

Выводы по главе 5

1. Разработаны коэффициенты перевода в эталонные единицы для 126 марок тракторов, представленных на российском рынке, включая 42 – РФ, 48 – СНГ, 36 – Дальнего зарубежья.

2. Разработанная методика определения потребности в сельскохозяйственных тракторах для выполнения всех технологических операций производства растениеводческой продукции в оптимальные агросроки позволила определить количественный состав тракторного парка к 2030 году в размере 900 тыс. эт. тракторов для 90 млн га пашни.

6 ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО И МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

6.1 Компьютеризированный мониторинг машинно-тракторного парка

Проблемы формирования рационального тракторного парка начинаются с отсутствия его мониторинга [148, 149].

Цель инженерного мониторинга – получение достоверной информации по количественному и качественному составу парка машин и оборудования, темпам его обновления и пополнения, организации технического сервиса и эффективности техники при различных правовых формах организации ее использования.

Отдельный вопрос применения CALS-технологий имеется в области анализа использования парка МЭС, расчета оптимального его состава и принятия решений по реализации технической политики его развития. Основой для решения этой проблемы должна стать система общего компьютеризированного мониторинга машинно-тракторного парка страны, включающая сеть периферийных автоматизированных рабочих мест организатора производства растениеводческой продукции (АРМ ОПРП), каждое из которых представляет по существу, электронную модель хозяйствующего объекта, и центральную службу анализа показателей использования, формирующую информационное обеспечение разработки технической политики развития МТП страны на уровне Департамента цифровизации и технологического развития Минсельхоза России (рисунок 6.1).

Отличительными особенностями предлагаемой службы компьютеризированного мониторинга должно стать наблюдение и систематизация данных об оптимизированном использовании МТП. Это значит, что периферийные элементы системы мониторинга должны



Рисунок 6.1 – Схема организационно-технического обеспечения компьютеризированного мониторинга МТП

располагать возможностью первоначального моделирования агротехнологических и механизированных процессов производства растениеводческой продукции с выбором по заданным критериям рациональных агротехнологий, состава МТА и МТП. Центральная служба компьютеризированного мониторинга МТП также должна вести анализ обобщенных показателей использования МТП на основе сопоставления их с прогнозируемым оптимальным состоянием МТП страны. Поступление сведений о показателях использования МТП от периферийных элементов в центральную службу должно осуществляться в автоматическом режиме [41].

Компьютерное обеспечение оптимизации хозяйственных бизнес-процессов и механизированных технологий производства растениеводческой продукции во многих своих элементах существует, но для создания электронной модели МТП хозяйства требуется его доработка, обобщение и приведение к единой информационной основе. Прогнозирование развития МТП страны, в основном носит экспертный характер. Предлагаемые подходы к математической формализации прогноза развития тракторного парка на основе выявленной зависимости тракторосооруженности и средней мощности трактора от земельной площади ферм в развитых странах, а также на основе учета влияния на продуктивность зернового производства тракторосооруженности, объема внесенных минеральных удобрений и качество семенного материала на фоне естественного плодородия требуют дальнейшего развития [148-150].

Для создания электронной модели парка МЭС необходимо провести исследования, выявить и описать другие макрозависимости, характеризующие закономерности развития механизированного производства растениеводческой продукции, связанные с формами использования техники, структурой парка, техническим уровнем машин. Для условий кризисного состояния сельскохозяйственного производства особенно важно раскрытие влияния характеристик парка МЭС на развитие социально-трудовой сферы

села, где трактор выступает системообразующим элементом в цепи создания рабочих мест [151].

В основу развития структуры технологии мониторинга МТП положено трехмерное представление об участии МТП в производстве растениеводческой продукции (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Роль МТП в технологиях производства сельскохозяйственной продукции

Назначение технологии	Элементы			Продукт с учетом затрат энергии, труда, финансов
	средства труда	орудия труда	агротехнический процесс	
Продуктовая базовая	Поле, (L, F)	МТА	Агротехнология	$Y \cdot [ц/га]$
Хозяйственно-производственная	Структура посевных площадей, (S)	МТП хозяйства	Зональная система агротехнологий	$Y \cdot S[т]$
Федеральная продовольственная	Земельные ресурсы, (П)	МТП страны	Федеральная система агротехнологий	$Y \cdot П[т]$

В таблице 6.1: L – длина гона; F – площадь поля; S – площадь пашни хозяйства; П – площадь пашни страны; Y – урожайность.

Но это устаревшая схема, она относится к периоду устойчивого развития общества.

Особенность повышения эффективности сельскохозяйственного производства заключается в том, что развитие МТП сегодня должно осуществляться с учетом кризисного состояния экономики (таблица 6.2), характеризуемого в сфере материально-финансового обеспечения крайне низкой покупательной способностью сельского товаропроизводителя, в социально-трудовой сфере – массовой безработицей и снижением квалификации механизаторов, в отношении характеристик эффективности – потерей продовольственной независимости и глобальным экологическим загрязнением [41].

Таблица 6.2 – Роль МТП в технологиях различного типа в кризисный период развития экономики

Назначение	Элементы					Характеристика эффективности						
	Средства труда		Орудия труда	Соц.-трудовой фактор	Агротехнологическое обеспечение	Продукт	Переработка		Реализация	Есо-99		
	природно-биологич.	материально-финанс. обеспечение					отн. часть	глубина		I	II	III
Продуктовая базовая	L, F	q (руб/га)	МТА	Квалифик.	Агротехнологический процесс	Y:[ц/га]	-	-	P (руб/га)	-	-	-
Хозяйственно-производственная	S	Ресурсы хозяйства	МТП хозяйства	К – резерв экономически активных механ. (чел.)	Зональная система агротехнологий	$\frac{YS}{K}$	-	-	$\frac{PS}{K}$	-	-	-
Федеральная продовольственная	П	Ресурсы страны	МТП страны	А – эконом. активн. население	Федеральная система агротехнологий	$\frac{YП}{A}$	-	-	$\frac{PП}{A}$	-	-	-

В таблице 6.2 – Есо-indicator 99

Группы факторов		
I	II	III
Истощение природных ресурсов	Повреждение экосистем	Влияние на здоровье человека

L – длина гона;

F – площадь поля;

S – площадь пашни хозяйства;

П – площадь пашни страны;

У – урожайность.

P – объем реализованной продукции, отнесенный к 1 га пашни.

Каждый тип из приведенных технологий имеет свой набор элементов, находящихся в тесной взаимосвязи с МТП (рисунок 6.2).

Изучение и анализ связей между элементами технологий, представленных на рисунке 6.2 возможны только на базе результатов мониторинга МТП и, следовательно, должны учитываться при разработке его структуры.

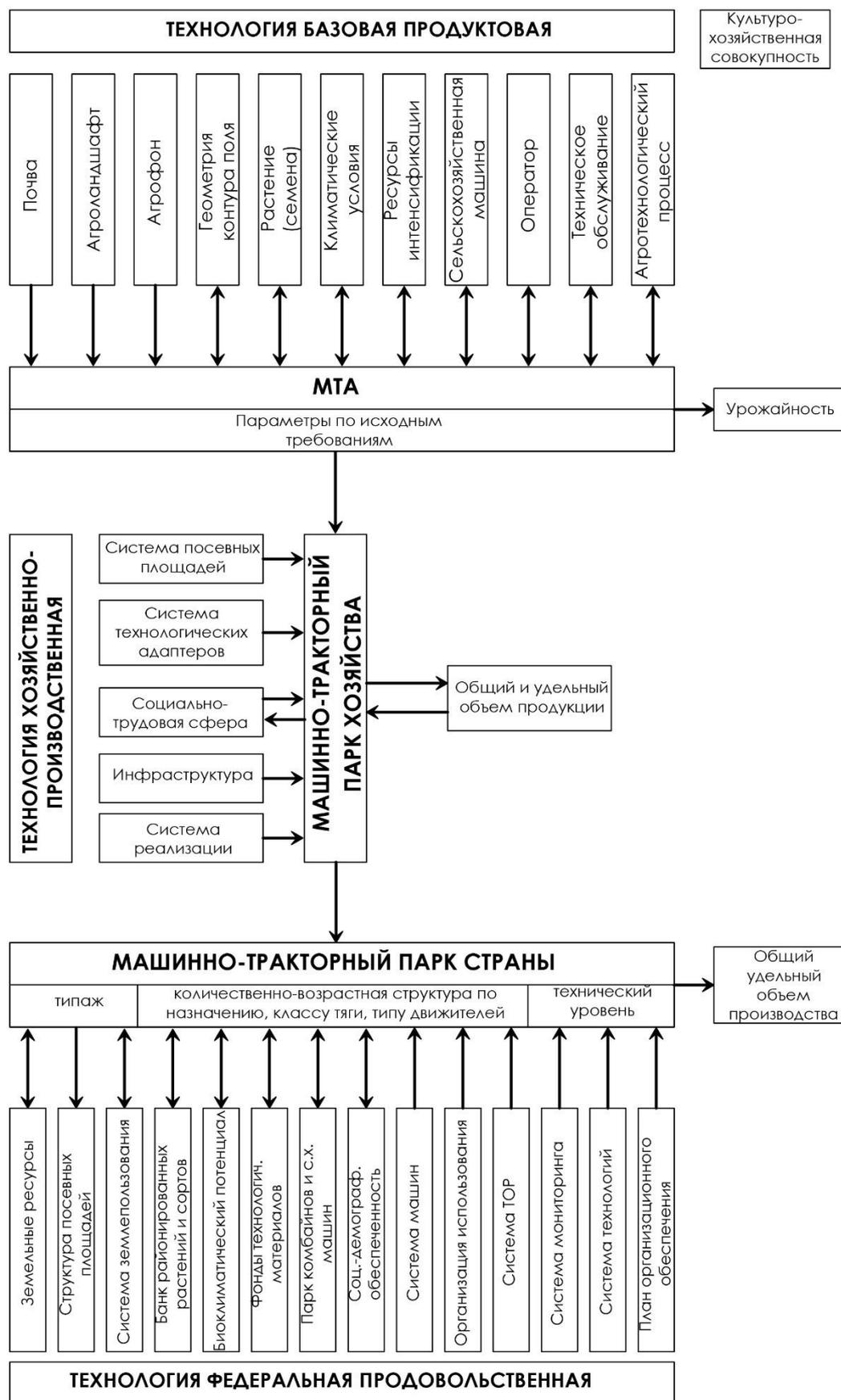


Рисунок 6.2 – Технологические аспекты формирования машинно-тракторного парка

Состояние материально-технического обеспечения сельскохозяйственного производства сегодня не обеспечивает не только расширенного, но даже простого воспроизводства сельскохозяйственной продукции. Однако научно-методическая база решения задач по восстановлению, дальнейшему развитию и рациональному использованию технического потенциала в условиях переходного периода не разработана. В частности решаются вопросы количественной оценки технического потенциала [152], требуют разработки методы мониторинга и прогнозирования его развития.

Мониторинг парка сельскохозяйственной техники для растениеводства предусматривает систематический сбор информации, ее обработку, хранение и использование для разработки прогнозов, рекомендаций по использованию, маркетинговых обобщений. В связи с перечисленными вариантами использования результатов мониторинга в качестве информационных задач необходимо выделить следующие:

А. Обоснование информационных массивов.

Б. Систематизация регистрируемых характеристик объектов мониторинга.

В. Накопление базы данных для разработки прогноза развития парка.

Задача обоснования информационных массивов должна решаться на основании учета показателей объектов мониторинга, позволяющих оценить их влияние на ресурсоемкость, экологическую безопасность и технологическую потребность рассматриваемых сельскохозяйственных машин.

В качестве объектов мониторинга должны рассматриваться следующие образования, представленные в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Объекты мониторинга и ответственные наблюдатели

№№ пп	Объекты мониторинга	Ответственные наблюдатели						
		МСХ	ВИМ	Зональные НИИ	Экономические с.-х. службы			
					регион	область	район	хозяйство
1	Потенциальное наполнение рынка сельскохозяйственной техникой (техническая характеристика)		+					
2	Список машин, находящихся в разработке	+						
3	Объем выпуска сельскохозяйственной техники Российскими предприятиями	+		+				
4	Парк сельскохозяйственной техники, включая возрастную структуру, показатели использования и обновления состава							
4.1	Хозяйства			+				+
4.2	Района			+			+	
4.3	Области			+		+		
4.4	Региона			+	+			
4.5	РФ	+	+					

Результаты мониторинга обобщаются ежегодно по состоянию на конец прошедшего года.

Структурно-функциональную схему (рисунок 6.3) образуют:

- специализированная мониторинговая служба, отвечающая требованиям «Положения о специализированной мониторинговой службе», располагающая методикой проведения мониторинга, должностными инструкциями, материальной базой;
- информационные объекты – мобильные энергетические средства, сельскохозяйственные машины, МТА, МТП и региональные условия производства сельскохозяйственной продукции;
- источники информации и субъекты принятия управленческих решений: хозяйство, район, область, регион, федерация;
- программно-вычислительный комплекс, включающий:

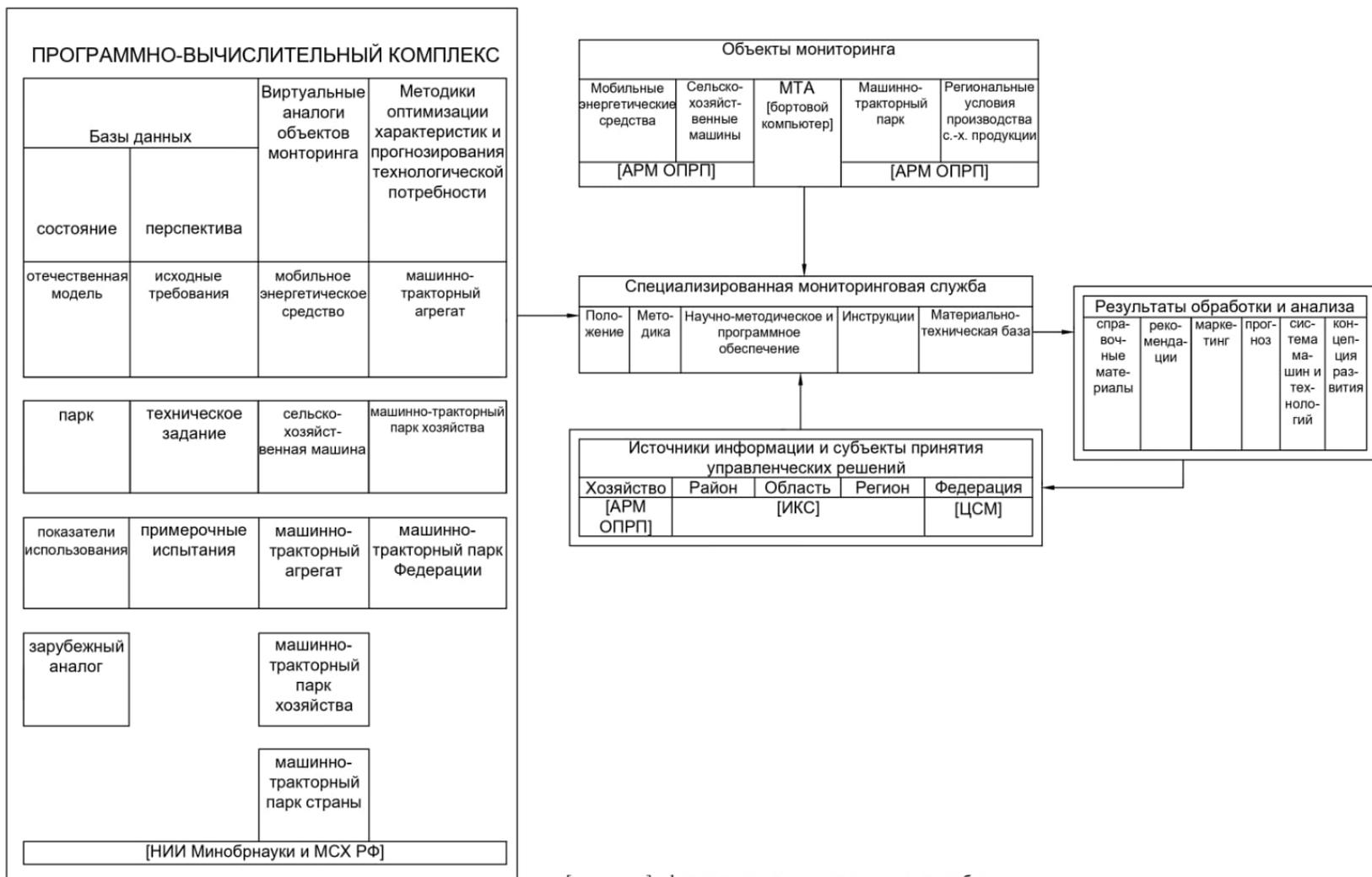
- базы данных, содержащие информацию о состоянии информационных объектов, представляющих как отдельные элементы, так и в целом парк, а также по состоянию разработки перспективных элементов;

- виртуальные аналоги объектов мониторинга;

- методики и программное обеспечение оптимизации характеристик объектов мониторинга и прогнозирования их технологической потребности.

- результаты обработки и анализа в виде справочных материалов, рекомендаций, данных маркетинга, прогноза, Системы машин и технологий и концепций развития.

Организационно-техническое обеспечение мониторинга базируется на бортовых компьютерах МТА и автоматизированных рабочих местах организатора производства растениеводческой продукции с привлечением НИИ Минобрнауки и МСХ РФ, Информационно консультационных служб различных уровней и Специализированной мониторинговой службе, подчиняющейся Центральной мониторинговой службе.



[] - форма организационно-технического обеспечения;
 АРМ ОПРП - автоматизированное рабочее место организатора производства растениеводческой продукции;
 ИКС - информационно-конструкционная служба;
 ЦСМ - центральная служба мониторинга.

Рисунок 6.3 – Структурно-функциональная схема мониторинга парка сельскохозяйственной техники для растениеводства

Исходя из назначения мониторинга и предполагая дальнейший анализ информации с целью оценки ресурсоемкости, экологической безопасности и технологической потребности определим содержание информационных массивов (таблицы 6.4-6.6).

Таблица 6.4 – Потенциальное наполнение рынка сельскохозяйственной техники (тракторы и самоходные шасси) для растениеводства (технические характеристики, цены)

Наименование	Марка	Завод-изготовитель	Страна	Назначение	Амортизационный срок	Тяговый класс
--------------	-------	--------------------	--------	------------	----------------------	---------------

Колесная формула	Эксплуатационная мощность двигателя	Эксплуатационная масса	Удельный расход топлива при эксплуатационной мощности	Частота вращения вала двигателя	Частота вращения ВОМ	Навесоспособность	База	Колея
------------------	-------------------------------------	------------------------	---	---------------------------------	----------------------	-------------------	------	-------

Ширина движителей	Минимальный радиус поворота	Рабочие скорости	Транспортные скорости	Соответствие ГОСТ Р 58655-2019 (почва); ГОСТ 12.2.019-2015 (общие требования); ГОСТ 12.2.120-2015 (рабочее место); ГОСТ 17.2.2.05-97 (выбросы вредных веществ утратил силу)	Наличие сертификата	Цена	Примечание
-------------------	-----------------------------	------------------	-----------------------	---	---------------------	------	------------

По остальным элементам потенциального накопления рынка сельскохозяйственной техники в целях экономии места в дальнейшем приводятся только регистрируемые технические характеристики, в то время как информация о наименовании, марке, заводе изготовителе, амортизационном сроке и цене должна фиксироваться также как по тракторам.

По обозначенной выше номенклатуре элементов мониторинга обобщается информация (таблице 6.5).

Таблица 6.5 – Объем выпуска сельскохозяйственной техники российскими предприятиями

Завод изготовитель	Наименование	Марка	Год постановки на производство	Объем выпуска			
				Всего	в т.ч. в отчетный год		
					всего	из них реализация в России	отправлено на экспорт

Таблица 6.6 – Возрастной состав тракторного парка

Возраст, лет	Количество тракторов по маркам				Всего
1	000	000	000	000	000
2	000	000	000	000	000
...	000	000	000	000	000
15	000	000	000	000	000
Всего в парке	000	000	000	000	000
За сроком амортизации	000	000	000	000	000
Досрочно списаны	000	000	000	000	000
Средний возраст	000	000	000	000	000
Технологический дефицит	000	000	000	000	000

Характеристика состояния парка на каждый конкретный момент позволяет определить возможности сельскохозяйственного производства. Сопоставление состояния парка с запросами потребителя служит основой для решения вопросов его пополнения, проведения качественных изменений и оценки их влияния на показатели сельскохозяйственного производства. Анализ технического уровня парка и создаваемых моделей позволяет прогнозировать его развитие на перспективу.

Решение этих задач необходимо потребителю для ориентирования при формировании оптимального парка и выбора наиболее эффективных путей его совершенствования, а производителю техники для своевременного определения конкурентоспособности, сферы и объема сбыта новых моделей. Знание этих вопросов также важно для ориентирования и принятия необходимых мер государственного регулирования производства тракторов и развития тракторного парка, оценки реальных возможностей и развития производства сельскохозяйственной продукции, внедрения новых технологий, оценки восприимчивости сельскохозяйственного производства к новым

технологиям и возможности изменения структуры производства продукции, как по стране, так и по регионам.

При всей важности наличия достоверной информации, имевшиеся до настоящего времени сведения о тракторном парке, носили разрозненный характер и не позволяли объективно в полной мере оценить степень его соответствия требованиям реформируемого сельскохозяйственного производства России.

В качестве современного инструмента для решения информационных задач по тракторному парку предлагается его компьютеризированный технический мониторинг, главным элементом которого является база данных.

Целью компьютеризированного технического мониторинга парка сельскохозяйственных тракторов является получение систематизированной информации, отражающей реальное текущее состояние МТП, позволяющей в сочетании с набором математических моделей в отношении тракторного парка обеспечить:

- анализ количественной динамики и качественного состояния;
- прогноз развития;
- разработку технической политики в области тракторостроения;
- разработку регистра и типажа тракторов;
- разработку концепции развития;
- маркетинг;
- формирование заказа на производство;
- разработку рекомендации по рациональному использованию.

В соответствии с задачами мониторинга МТП можно перечислить необходимые для его реализации базовые математические модели:

- определение основных массо-энергетических характеристик тракторов;
- расчет первоочередных комплексов (наборов) машин;
- определение экономической эффективности тракторов с комплексами машин;

- определение оптимального машинно-тракторного парка хозяйства;
- определение оптимального МТП зоны, страны;
- определение нормативной выработки и расхода топлива (эксплуатационно-технологические показатели);
- определение нормативных показателей надежности;
- определение возрастной структуры тракторного парка;
- определение параметров агрегатирования тракторов с сельхозмашинами.

Структура программно-вычислительного комплекса представлена на рисунке 6.3.

Производство растениеводческой продукции является сложным процессом, связанным с необходимостью оперативного решения целого ряда проблем агрономического, хозяйственно-финансового и юридического характера. По многим направлениям деятельности сельскохозяйственного предприятия уже разработаны и применяются современные методы оптимизации и выбора решений (выбор технологий, оптимизация МТП, составление бизнес-плана и др.), другие аспекты деятельности сельхозпредприятий остаются не формализованными (промышленно-финансовый план производства, план развития социально-трудовой сферы, мониторинг МТП и др.). Вместе с этим современная вычислительная техника и опыт развития информационных технологий в различных технических отраслях позволяют поставить и решить задачу по разработке автоматизированного рабочего места производителя растениеводческой продукции, которое бы позволило объединить известные уже программные продукты на единой информационной основе применительно к современной вычислительной технике для их практического использования, а также выявить недостающие звенья.

Основной целью разработки АРМ ОПРП является обеспечение организатора производства растениеводческой продукции необходимой информацией, математическим и программным обеспечением для

оперативного принятия оптимальных решений технико-экономических, финансовых и правовых вопросов в конкретных условиях функционирования хозяйственного подразделения в единой сети мониторинга сельскохозяйственного производства.

Основное содержание АРМ ОПРП должно определяться с учетом трех основных групп элементов, связанных с производством продукции и ее реализацией (рисунок 6.4) [55].

К таким элементам относятся исходные данные, программное обеспечение, включающее математическое описание процедур и оформление выходной информации, а также описания объектов целевых заданий.

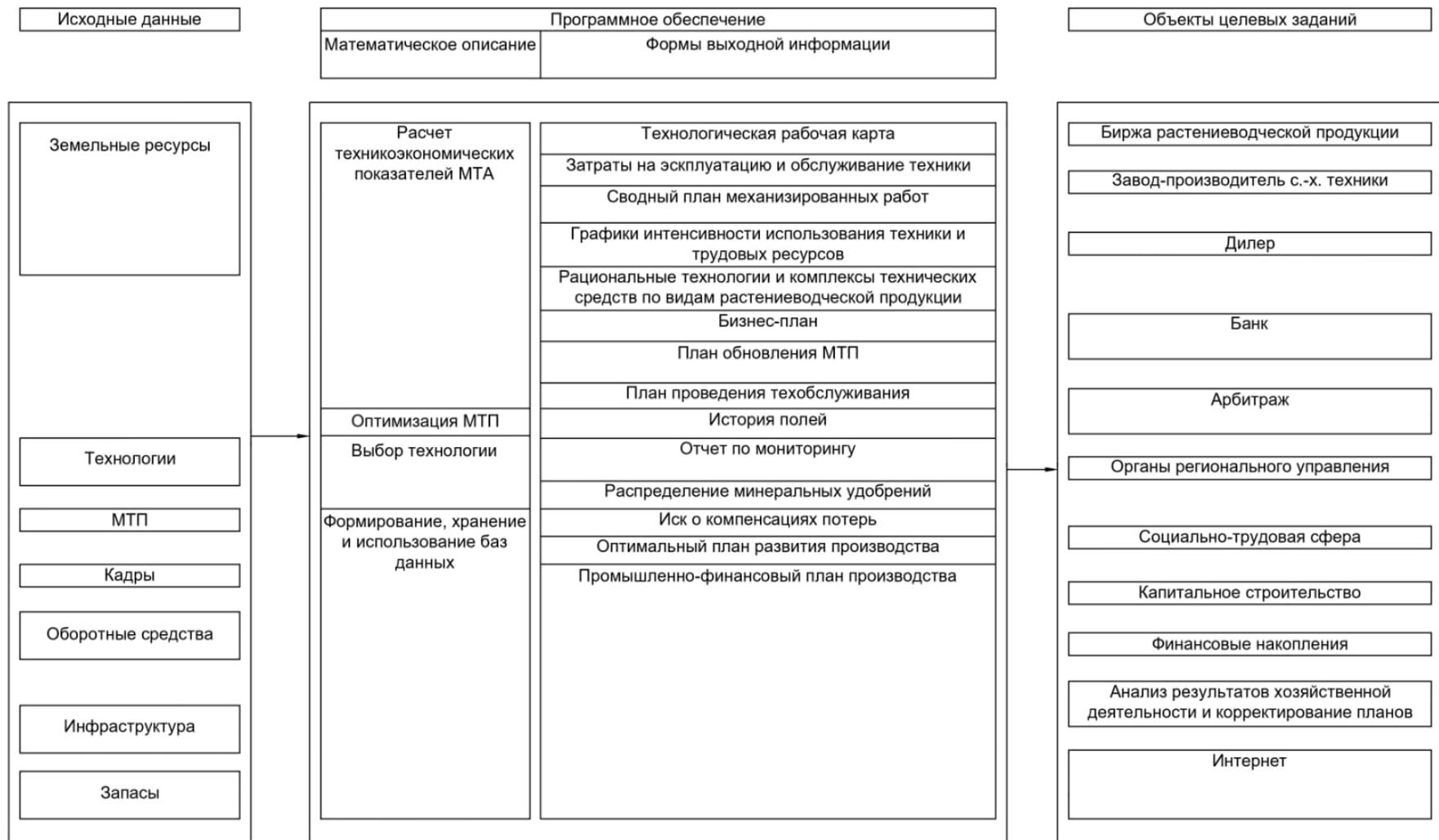


Рисунок 6.4 – Структура элементов, взаимодействующих в системе автоматизированного рабочего места организатора производства растениеводческой продукции

Память компьютера еще на заводе или в период предпродажной подготовки должна быть загружена следующими исходными данными, полученными при общепринятых (стационарных) условиях:

- мощность двигателя;
- его частотные характеристики;
- топливно-экономические показатели;
- характеристики систем смазки и охлаждения;
- показатели электрических агрегатов и схем, фильтрующих элементов, других обслуживающих и обслуживаемых систем;
- рабочие диапазоны встраиваемых датчиков состояния масел, охлаждающих жидкостей, анализаторов газов и т.п.

В наиболее сложных, т.е. дорогостоящих, и затрудненных для контроля узлах и деталях могут быть установлены датчики их состояния (работоспособности), регистрирующие, например, изменения нагрузочных, тепловых, акустических или иных режимов их работы.

Привязка трактора к электронной карте хозяйства выполняется специалистами при его введении в эксплуатацию, в процессе которой вышеперечисленные данные служат для непрерывного сравнения с фактическими значениями показателей, на основании чего принимаются решения о проведении технического обслуживания или ремонта, т.е. по потребности, а не в планово-предупредительном порядке.

Информация для тракториста должна выдаваться на дисплей в минимальном объеме. Аварийно-опасные режимы, очевидно, должны дублироваться звуковыми (речевыми) сигналами.

В процессе работы трактористу достаточно сведений о том, находится ли избранный им режим в рамках требований технологического процесса и в каком направлении его следует корректировать.

На пульт организатора производства или в память его компьютера в непрерывном режиме могут поступать сведения о местонахождении трактора, скорости его движения, ширине захвата агрегата, расходе топлива, загрузке

двигателя и т.д., в случае отклонения показателей от нормы для оперативного реагирования и принятия решений.

При дилерской системе обслуживания возможен периодический сбор материалов (опрос) по состоянию узлов и систем трактора. В конце смены фиксируются данные об объеме выполненной работы, общем расходе топлива, суммарном чистом рабочем времени.

Бортовой компьютер обеспечивает оптимизацию режимов работы двигателя, для управления которыми при автоматическом ВОМ разработана оригинальная программа [153].

Представленная технология мониторинга МТП рассчитана на автоматизированную регистрацию показателей использования оптимизированного состава МТП.

Технология мониторинга МТП обобщает исследования по разработке программно-математического комплекса для оптимизации параметров МТА и характеристик МТП, являющихся основой для наблюдения за оптимизированным использованием МТП.

Представленные формы для сбора информации о состоянии МТП позволяют описать количественно-возрастную структуру парка и его технический уровень.

Результаты мониторинга МТП, полученные в соответствии с разработанной технологией, будут составлять информационную основу для принятия управленческих решений по повышению эффективности использования МТП.

Создание системы компьютеризированного мониторинга МТП является государственной проблемой и ее разработку предлагается рассматривать как составную часть Единой системы информационного обеспечения АПК, включенной в качестве подпрограммы в Концепцию Федеральной целевой программы «Повышение эффективности и развитие ресурсного потенциала сельского хозяйства».

6.2 Методические особенности формирования тракторного парка хозяйства с использованием комбинированных машинно-тракторных агрегатов

Результаты НИР, проведенные в ВИМе при участии автора [72], использованы в данном пункте и опубликованы в [154].

Технической основой совмещения технологических операций при возделывании полевых культур являются комбинированные машины и машинно-тракторные агрегаты.

Вопросы эффективности применения комбинированных агрегатов наиболее полно рассмотрены в работах [155-157].

В работе [157] дается классификация комбинированных агрегатов по принципу применения рабочих органов:

- составленные из существующих однооперационных машин;
- имеющие новые комбинированные рабочие органы;
- включающие существующие однооперационные машины и новые комбинированные рабочие органы.

Наряду с преимуществами применения комбинированных агрегатов отмечается недостатки, связанные с тем, что при совмещении операций, более производительные машины объединяются с менее производительными и теряют свои преимущества, снижается надежность агрегата, глубокое эшелонирование ухудшает маневренность, при небольшом количестве совмещаемых операций в случае значительно большей ширины захвата однооперационные машины могут иметь меньшее количество проходов по полю [72, 154].

Для учета указанных особенностей при обеспечении агротехнической совместимости были методически обоснованы критерии сравнения комбинированных агрегатов с комплексом машин, выполняющих те же технологические операции отдельно: по производительности (часовой выработке), полезной энергоемкости (количество прямых затрат энергии на обработку единицы площади), затратам труда и другим показателям [72, 154].

В настоящее время комбинированные агрегаты находят все более широкое применение, однако остаются не рассмотренными методические особенности оценки эффективности их работы, связанные с соблюдением агротехнических сроков совмещенных операций и влиянием их использования на формирование тракторного парка [72, 154].

При оценке эффективности комбинированных агрегатов по сравнению с поектарными затратами заменяемых однооперационных агрегатов без учета агротехнических сроков совмещаемых операций, однозначно следовал вывод о необходимости максимального увеличения количества совмещаемых операций. Многократно возрастающее в этом случае удельное сопротивление комбинированного агрегата требовало применения трактора более высокого класса тяги, т.е. изменения структуры парка тракторов с увеличением доли тракторов более высокого тягового класса [72, 154].

В работе [156] отмечается, что главными условиями создания комбинированных агрегатов являются:

- агротехническая совместимость одновременного выполнения различных операций;
- техническая возможность реализации комбинированного агрегата.

Рассматривая первое условие, необходимо отметить, что каждая из технологических операций имеет свои агротехнические сроки и нормативную продолжительность выполнения [158]. Поэтому при совмещении нескольких операций, выполняемых за один проход агрегата, агросроки отдельных операций смещаются, а продолжительность синхронного выполнения нескольких операций должна определяться по одной наиболее агрономически важной операции [157]. Например, для комбинированного почвообрабатывающего посевного агрегата продолжительность его работы должна быть не более нормативной продолжительности посева [159] (таблица 6.7).

Представленная методика оценки энергетической эффективности комбинированных агрегатов в отличие от ранее применявшихся учитывает

вписываемость таких агрегатов в агротехнические сроки при обработке заданных площадей с определенной структурой полевых участков. Кроме этого, при определении энергетической эффективности комбинированных машинно-тракторных агрегатов предлагается в соответствии с [160] учитывать перенос энергии, затраченной на создание как энергосредства так и комбинированной машины, в соответствии с их годовой занятостью и общим ресурсом работоспособности.

Таблица 6.7 – Нормативная продолжительность посева зерновых культур

Федеральные округа	Озимые	Ранние зерновые	Рис	Кукуруза на зерно	Зернобобовые
Россия	4	4	9	5	2
Центральный	4	4	-	-	3
Северо-Западный	4	4	-	-	3
Южный	4	4	-	-	3
Приволжский	3	3	10	5	2
Уральский	4	4	-	-	2
Сибирский	4	4	-	-	2
Дальневосточный	-	4	8	-	2
Северо-Кавказский	7	4	10	5	2

При этом следует учитывать, что для всех культур недобор урожая прямого пропорционален увеличению сроков проведения полевых работ. Таким образом для комбинированного агрегата условие агротехнической совместимости связано с требованием сокращения продолжительности проведения работ. Вместе с этим, вследствие возрастающего удельного сопротивления, производительность комбинированного агрегата всегда меньше, чем однооперационного агрегата (с тем же трактором).

Предлагаемая методика основана на построении эксплуатационно-энергетической характеристики машинно-технологической операции, которая представляет собой систему взаимосвязанных энергетических, кинематических, агротехнических и хозяйственных показателей использования МТА. Кроме этого, методика учитывает влияние годовой занятости машин и тракторов и их энергетическую эффективность.

Построение эксплуатационно-энергетической характеристики машинно-технологической операции.

Для оценки энергетической эффективности комбинированных агрегатов предлагается характеристика машинно-технологической операции, устанавливающая связь между удельным сопротивлением агрегата q от 2 кН/м до 10 кН/м, рабочей шириной захвата B_p от 4 до 20 м, площадью квадратного поля A от 5 га до 60 га, площадью под возделываемой культурой S_k от 100 га до 2000 га с одной стороны и требуемых для реализации в этих условиях агрегатов с мощностью двигателя N (кВт), коэффициентом использования времени смены τ , производительностью в час сменного времени W , общей продолжительностью работ T [час] и погектарным расходом топлива g [кг/га], при постоянной рабочей скорости $V_p=10$ км/ч.

Алгоритм расчета заключается в следующем:

$$1) N = \frac{q \cdot B \cdot V}{\eta_r} \quad \text{при } V=10 \text{ км/ч (2,78 м/с); } \eta_r=0,7.$$

$$2) L_n = 100\sqrt{A}.$$

$$3) \tau = \tau(B, A) = \frac{0,95}{1 + \frac{7,8B_p}{L_n} + B_p V_p}.$$

$$4) W = B \cdot V \cdot \tau.$$

$$5) T = \frac{A}{W}.$$

$$6) g = g(g_e, \tau), \text{ при } g_e=160 \text{ г/л.с.}\cdot\text{ч (217,6 г/кВт}\cdot\text{ч)}.$$

Программа расчета в среде Mathcad

$$\varphi_G := 0.4 \quad v_p := 10 \div 3.6 \quad k_{3.\partial on} := 0.92 \quad a := -10.3 \quad b := 8.16 \quad f := 0.078$$

$$\delta(\varphi, a, b) := \frac{\varphi}{a \cdot \varphi + b} \quad \eta(\varphi) := 0.9 \cdot \frac{\varphi}{\varphi + f} \cdot (1 - \delta(\varphi, a, b)) \quad \eta := \eta(\varphi_G)$$

$$i := 1..3 \quad q := (2 \ 6 \ 10)^T \quad j := 1..3 \quad B_p := (4 \ 8 \ 20)^T$$

$$F_{i,j} := q_i \cdot B_{p_j} \quad G := F \div \varphi_G \quad P := F \cdot v_p \div \eta \div k_{3.\partial on} \quad \Pi := B_p \cdot v_p$$

$$n := 1..4 \quad A := (5 \ 15 \ 30 \ 60)^T \quad L := 104 \cdot \sqrt{A}$$

$$\tau_{n,j} := 0.95 \div \left(1 + \frac{7.8 \cdot B_{p_j}}{L_n} + 0.015 \cdot \Pi_j \right) \quad W_{n,j} := 0.36 \cdot \Pi_j \cdot \tau_{n,j}$$

$$S := (100 \ 500 \ 2000)^T$$

$$g(n) := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 1..3 \\ \text{for } j \in 1..3 \\ q_{i,j} \leftarrow 0.225 \cdot P_{i,j} \div W_{n,j} \\ q \end{array} \right.$$

$$T(k) := \left| \begin{array}{l} \text{for } n \in 1..4 \\ \text{for } j \in 1..3 \\ T_{n,j} \leftarrow S_k \div W_{n,j} \\ T \end{array} \right.$$

$$\text{нов}_{n,j} := \frac{7.8 \cdot B_{p_j}}{L_n}$$

Таблица 6.8 – Эксплуатационно-энергетическая характеристика машинно-технологической операции (при V=10 км/ч)

Входные параметры (условия)				Выходные показатели				
Энерг о- емкос ть опера ции, кН/м	Шир ина захв ата, м	Пло щадь поля, га	Площ адь под культ урой, га	Номина льная мощнос ть, кВт	Кoeffи циент использ ования времени смены	Производит ельность в час сменного времени, га/ч	Общая продолжит ельность обработки, час	Погект арный расход топлив а, кг/га
q	B	A	S _к	N	τ	W	T	g
2	4	5	100	35,6	0,73	2,92	34,2	2,74
			2000	35,6	0,73	2,92	684,6	2,74
		60	100	35,6	0,788	3,15	31,7	2,54
			2000	35,6	0,788	3,15	634,4	2,54
	20	5	100	178	0,379	7,59	13,2	5,28
			2000	178	0,379	7,59	263,6	5,28
		60	100	178	0,469	9,37	10,7	4,27
			2000	178	0,469	9,37	213,4	4,27
10	4	5	100	178	0,73	2,92	34,2	13,71
			2000	178	0,73	2,92	684,6	13,71
		60	100	889,9	0,469	9,37	10,7	21,36
			2000	889,9	0,469	9,37	213,4	21,36
	20	5	100	889,9	0,379	7,59	13,2	26,39
			2000	889,9	0,379	7,59	263,6	26,39
		60	100	889,9	0,469	9,37	10,7	21,36
			2000	889,9	0,469	9,37	213,4	21,36

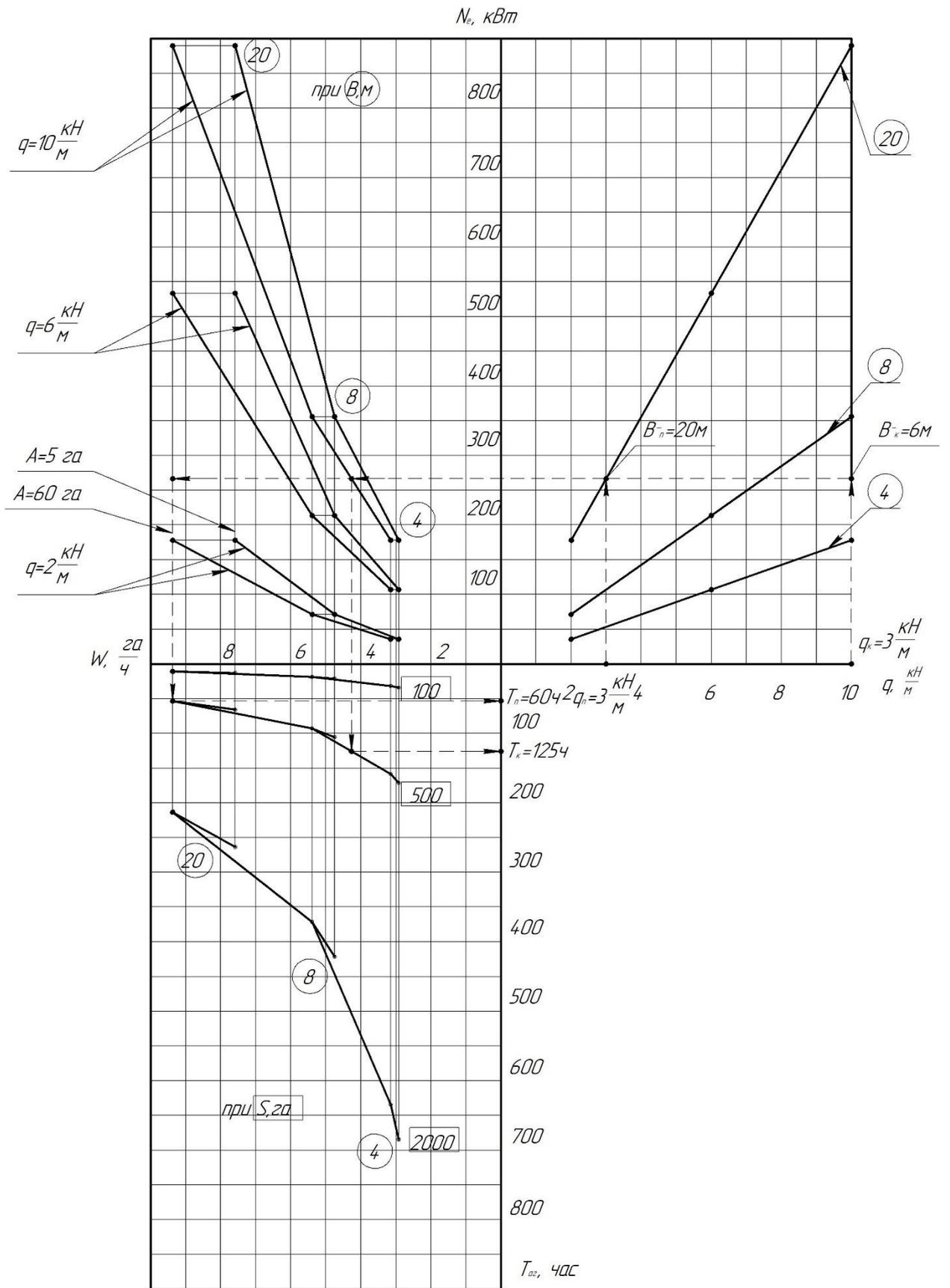


Рисунок 6.5 – Номограмма для определения основных показателей эксплуатационно-энергетической характеристики машинно-технологической операции (при $V=10$ км/ч)

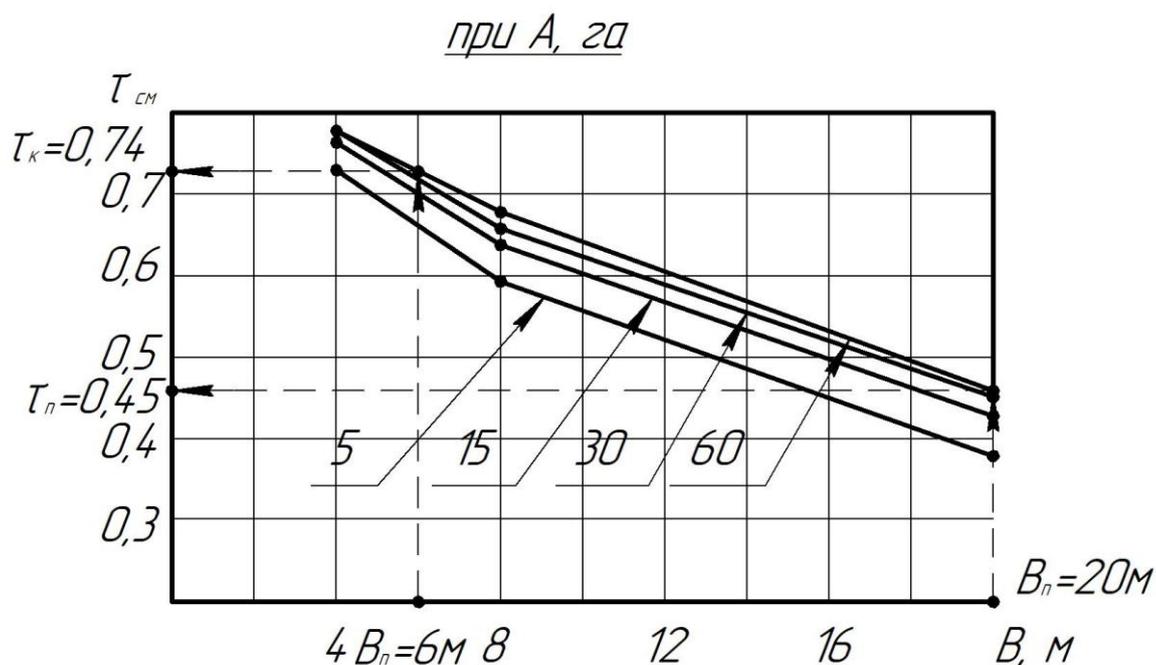


Рисунок 6.6 – Зависимость $\tau_{см}$ от рабочей ширины захвата B площади поля A

Пример сравнения комбинированного и однооперационных агрегатов

Сравниваемые агрегаты

1) Однооперационный посевной агрегат

$q=3$ кН/м $B=20$ м $F_{кр}=60$ кН $N=270$ кВт
 при $A=60$ га $S=500$ га $T=60$ час

Продолжительность посева при 20 часах работы агрегата в сутки составит 3 дня, $g=6,5$ кг/га.

2) Комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат

$q=10$ кН/м $B=6$ м $F_{кр}=60$ кН $N=270$ кВт
 при $A=60$ га $S=500$ га $T=125$ час

Продолжительность посева при 20 часах работы агрегата в сутки составит 6,25 дня, $g=14$ кг/га.

Для соблюдения 3-х дневной продолжительности посева, аналогичной продолжительности работы однооперационного агрегата, потребуется 2 комбинированных агрегата с такой же мощностью двигателя.

При сохранении условия выполнения заданного объема посева 500 га в течение трех дней потребуется агрегат с шириной захвата, $B=20$ м, что потребует использования трактора с мощностью двигателя 880 кВт при $g=21$ кг/га. В этом случае возникает проблема годовой загрузки такого трактора, которая должна решаться самостоятельно.

Учет особенностей работы комбинированных агрегатов в парке хозяйства.

Энергоемкость средств механизации E_T , E_M , E_C , средства механизации, относящиеся к основным средствам производства, переносят на создаваемый продукт энергию, затраченную на их производство, не полностью, а лишь частично.

Для удобства расчетов целесообразно иметь данные об энергоемкости машин, приходящиеся на 1 ч работы.

Общая энергоемкость силовой машины равна:

$$\mathcal{E}_T = \alpha_{\text{пр}} M_T, \quad (6.1)$$

где $\alpha_{\text{пр}}$ – энергетический эквивалент энергетического средства, МДж/кг; M_T – масса энергетического средства, кг.

Энергоемкость, приходящаяся на 1 ч работы силовой машины, составляет:

$$E_T = \frac{\mathcal{E}_T + \mathcal{E}_{\text{тк}} + \mathcal{E}_{\text{то}} + \mathcal{E}_{\text{тр}}}{T_c}, \quad (6.2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{тк}}$, $\mathcal{E}_{\text{тр}}$, $\mathcal{E}_{\text{то}}$ – затраты энергии на проведение капитального и текущего ремонтов, технического обслуживания, МДж; T_c – срок службы силовой машины, ч.

Величину E_T ориентировочно можно определить следующим образом:

$$E_T = \frac{\mathcal{E}_T}{100} \left(\frac{a_T}{T_{\text{нт}}} + \frac{a_{\text{тк}} + a_{\text{тр}}}{T_{\text{зт}}} \right), \quad (6.3)$$

где: a_T , $a_{\text{тк}}$, $a_{\text{тр}}$ – отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонты трактора, %; $T_{\text{нт}}$, $T_{\text{зт}}$ – нормативная и зональная годовая загрузка трактора, ч.

Аналогичным образом определяют энергоемкость машин \mathcal{E}_M и сцепок \mathcal{E}_C , а также удельную энергоемкость машины E_M , сцепки E_C , приходящуюся на 1 ч работы агрегата.

На основании изучения результатов исследований по определению эффективности комбинированных агрегатов разработана методика, которая

позволяет в отличие от ранее созданных оценить эффективность с учетом нормативной продолжительности технологических операций и годовой загрузки машин тракторов.

Для реализации методики создано программное обеспечение в среде Mathcad.

6.3 Результаты проверки технологии мониторинга, оптимизации и прогнозирования состава тракторного парка для растениеводства на примере Республики Башкортостан

Результаты НИР, а также результаты НИР между ФГБНУ ФНАЦ ВИМ и ФГБОУ ВО БашГАУ (договор, №04-01-1/2022 от 20.01.2022 г.), проведенные в ВИМе при участии автора [161], использованы в данном пункте и опубликованы в [162].

6.3.1 Мониторинг состояния тракторного парка

На основании данных Ростехнадзора Республики Башкортостан (РБ) проведен комплексный анализ машинно-тракторного парка региона, результаты которого систематизированы в таблице 6.8. В представленной таблице тракторы классифицированы по трем ключевым параметрам: возрастному составу (с распределением по периодам эксплуатации), тяговому классу (с разделением на колесные и гусеничные модели), а также по наиболее распространенным моделям с указанием их мощности.

Для более детальной оценки текущего состояния парка в таблице 6.8 представлены следующие ключевые показатели: общее количество тракторов в каждой возрастной группе; накопленное количество техники с выделением импортных машин; распределение по тяговым классам с указанием доли техники, превысившей срок амортизации; а также показатели суммарной мощности по классам и их доля в общей мощности парка. Эти данные позволяют не только констатировать текущее состояние парка, но и выявить тенденции его использования.

Таблица 6.8 – Количественно-возрастной состав парка сельскохозяйственных тракторов (без тракторов кл. 0,2) РБ

Год поста вки	Возр аст, лет	Тракторы (тип), тяговый класс, шт																Всего		Нарастающи м итогом, шт (в т.ч. ДЗ)	
		0,6	0,9	1,4	2		3		4		5		6		8						
		кол.	кол.	кол.	кол.	гус.	кол.	гус.	кол.	гус.	кол.	гус.	кол.	гус.	кол.	гус.					
		T-25	T-40M	MT3 80/82	MT3 1221	T-70C	T-150K	ДТ-75М	JD 8430	T-4A	K-701	ХТЗ-181	Versatile 2375	СН МТ 765В	НН Т 9040	СН МТ 865					
25	50	80	130	84	175	94	320	136	300	190	381	370	445	525	сум ма	ДЗ					
2021	1	3	0	197	34	0	22	6	20	1	32	0	73	0	1	0	389	116	389	116	
2020	2	2	0	234	48	0	35	20	11	1	22	0	75	0	4	0	452	111	841	227	
2019	3	2	0	210	19	0	28	4	6	2	11	0	43	0	0	1	326	71	1167	298	
2018	4	2	0	101	22	0	22	1	9	0	5	0	36	0	0	1	199	39	1366	337	
2017	5	2	0	105	31	0	10	5	7	0	7	0	26	0	0	2	195	31	1561	368	
2016	6	7	0	118	31	0	22	7	5	0	16	0	39	0	0	1	246	24	1807	392	
2015	7	6	2	183	21	0	27	11	5	0	6	0	18	0	0	0	279	12	2086	404	
2014	8	6	1	322	43	0	74	6	2	2	21	0	14	0	1	0	492	33	2578	437	
2013	9	1	1	466	42	0	63	8	5	6	25	1	11	0	1	1	631	40	3209	477	
2012	10	6	0	518	66	0	87	1	14	0	13	1	17	0	0	6	729	46	3938	523	
...																					
1985	36	11	2	111	0	1	40	22	0	7	28	0	0	0	0	0	222	0	13857	909	
1984	37	9	3	89	0	1	14	19	0	6	32	0	0	0	0	0	173	0	14030	909	
1983	38	4	10	66	0	1	13	6	0	4	19	0	0	0	0	0	123	0	14153	909	
1982	39	7	2	65	0	1	12	9	0	0	13	0	0	0	0	0	109	0	14262	909	
1981	40	1	3	49	0	0	1	1	0	0	7	0	0	0	0	0	62	0	14324	909	
1980	41	1	5	33	0	1	2	5	0	0	6	0	0	0	0	0	53	0	14377	909	
1979	42	1	6	54	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	66	0	14443	909	
1978	43	3	2	15	0	0	0	1	0	1	6	0	0	0	0	0	28	0	14471	909	
1977	44	3	1	17	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	24	0	14495	909	
1976	45	0	0	19	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	24	0	14519	909	
1975	46	5	1	13	0	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	24	0	14543	909	
1974	47	0	2	11	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	17	0	14560	909	
Парк, из них за сроком амортизации		325	257	7739	721	134	1840	1579	300	343	877	8	400	1	18	18					
		288	253	5285	364	134	1450	1510	216	331	719	6	48	1	11	6					

Данные о наличии в парке РБ сельскохозяйственных тракторов (табл. 6.8) представлены на возрастной шкале, которая наглядно демонстрирует структуру парка и ее динамику в течении рассматриваемого периода (рис. 6.7).

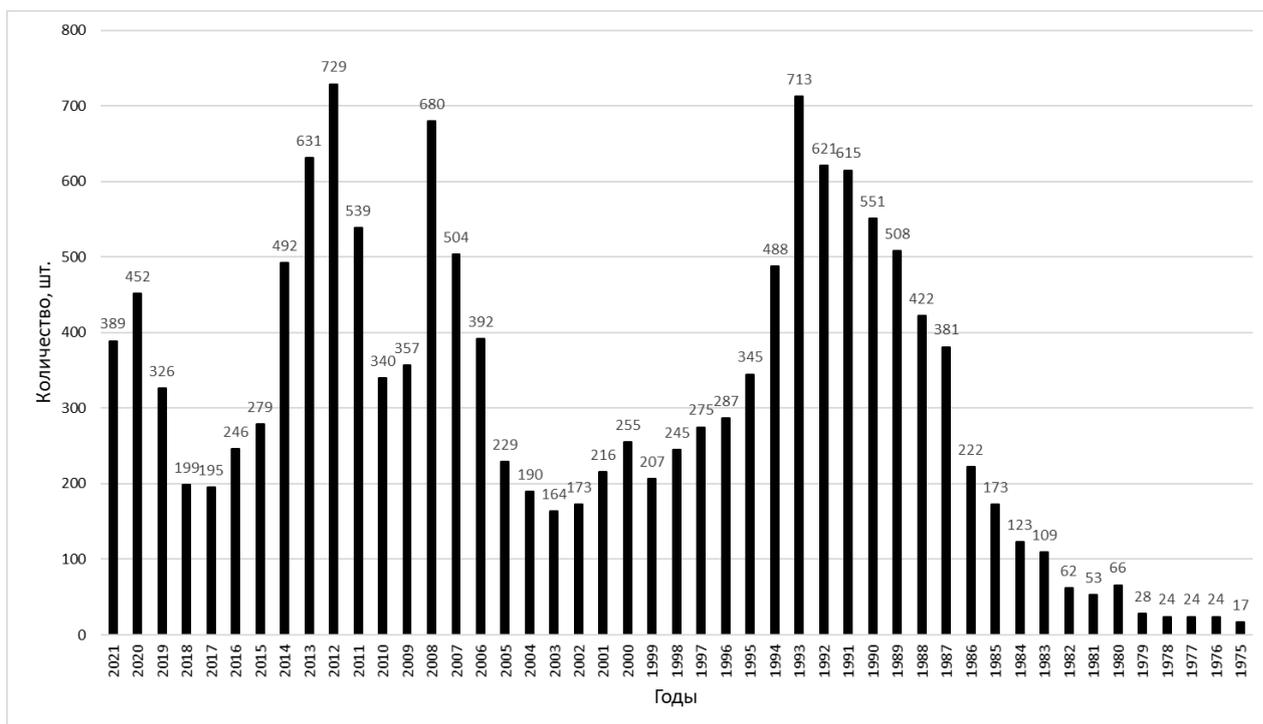


Рисунок 6.7 – Количественно-возрастная структура тракторного парка РБ

Представленная на рисунке 6.7 количественно-возрастная структура парка тракторов позволяет прогнозировать его развитие на различный период при списании и закупки тракторов.

Распределение тракторов по мощности в парке представлено на рисунке 6.8.

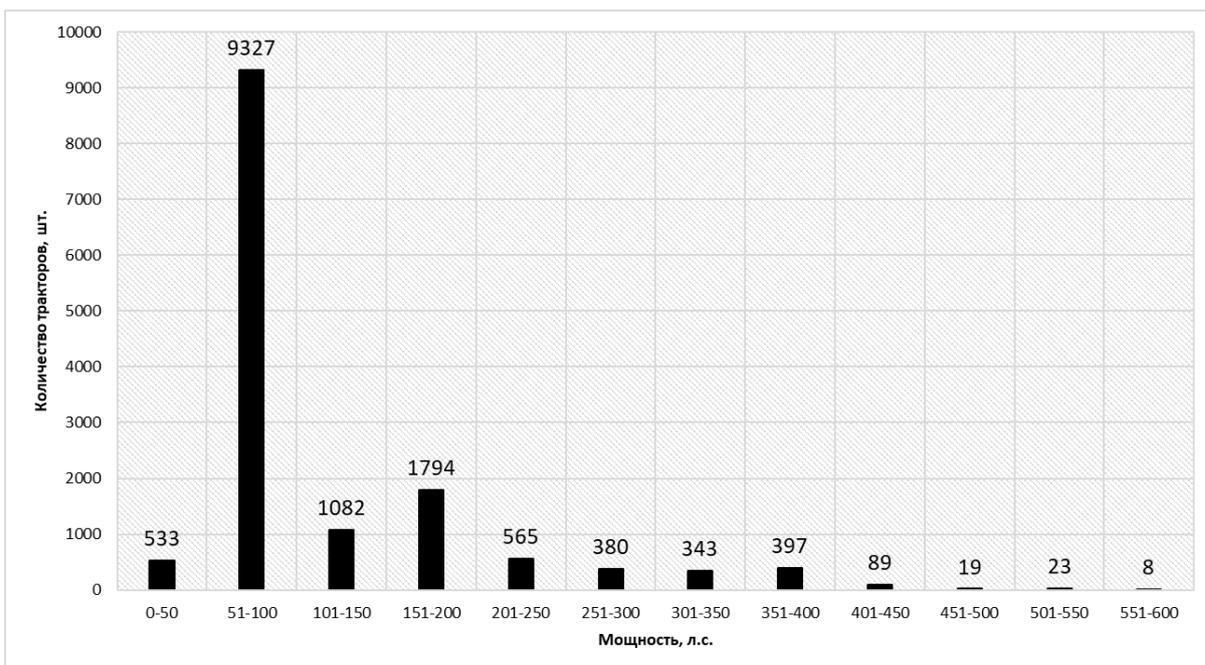


Рисунок 6.8 – Мощностная структура парка тракторов

Анализ мощностной структуры парка тракторов показал абсолютное преимущество в парке тракторов мощностью от 50 л.с. до 100 л.с.

Распределение тракторов по тяговым классам (тяговой и тягово-энергетической концепции) в парке представлено на рисунке 6.9.

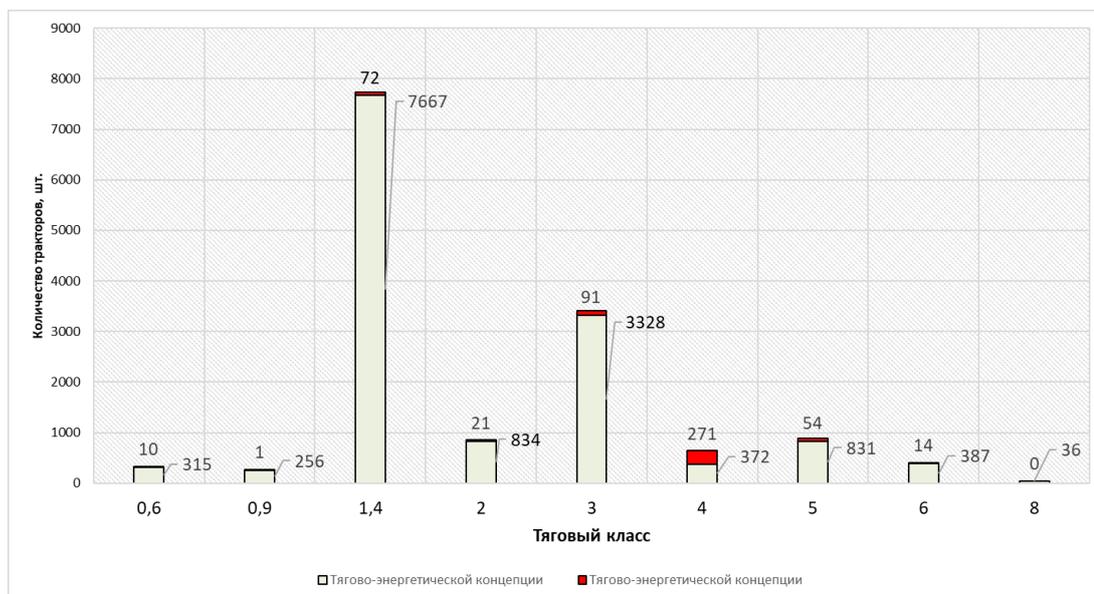


Рисунок 6.9 – Распределение тракторов по тяговым классам (тяговой и тягово-энергетической концепции) в парке

Анализ тракторного парка показал преобладание тракторов тягового класса 1,4 и 3. При этом доля энергонасыщенных тракторов в парке составляет 3,7%, которые при необходимости за счет балластирования могут переходить в более высокий тяговый класс, тем самым компенсируя имеющийся дефицит в данном тяговом классе.

Проведенный анализ выявил несколько важных структурных характеристик тракторного парка. Во-первых, по возрастному составу отмечается значительное количество техники старше 20 лет, включая такие проверенные временем модели как ДТ-75, МТЗ-82, К-701 и Т-150К. Длительная эксплуатация этих тракторов объясняется тремя основными факторами: их высокой ремонтпригодностью, доступностью запасных частей и хорошей адаптированностью к местным условиям эксплуатации. Во-вторых, анализ по тяговым классам показал существенную разницу в количественном соотношении между колесными и гусеничными тракторами в различных категориях мощности.

Однако наличие значительного количества устаревшей техники требует разработки научно обоснованной системы оценки ее фактической эффективности в современных условиях. Для этого предложена комплексная методика, включающая следующие группы показателей:

- показатели первого (начального уровня) – это исходная элементарная информация, полученные путем обычного сбора данных из различных источников и используемая в качестве дальнейшей систематизации и анализа. Показатели данного типа включают: количество тракторов, год выпуска, страна, производитель, марка, модель, семейства, паспортные технические характеристики;

- показатели второго уровня – проанализированная информация первого уровня, систематизированная, классифицированная и представленная в удобном для дальнейшего анализа виде, предназначена для оценки эффективности парка тракторов. Показатели данного типа включают: средняя

мощность, средняя энергонасыщенность, часовая сменная производительность, средний возраст и т.д.;

- показатели третьего уровня – это новая информация, полученная в результате анализа показателей первых двух уровней и других показателей сельскохозяйственного производства, предназначена для оценки эффективности сельскохозяйственного производства. Показатели данного типа включают: тракторооснащенность, энергообеспеченность, нагрузка на трактор, количество рабочих мест на трактор, количество сельскохозяйственных машин на трактор и т.д. [161, 162].

Такой подход позволяет перейти от простого анализа состава парка к оценке его реальной эффективности и разработке рекомендаций по оптимизации и прогнозированию.

В таблице 6.9 представлены результаты расчетов показателей фактического состояния и эффективности (функционирования) тракторного парка РБ.

Таблица 6.9 – Показатели оценки фактического состояния и эффективности (функционирования) тракторного парка РБ

Показатель	Значение
Количество, тр.	14560
Суммарная мощность, л.с.	1822470,5
Средняя мощность, л.с.	125
Средняя мощность в закупке, л.с.	193
Средняя масса, кг	6010
Средняя масса в закупке, кг	7893
Средняя энергонасыщенность, кВт/кН	1,54
Средняя энергонасыщенность в закупке, кВт/кН	1,8
Соотношение тракторов тяговой и тягово-энергетической концепции, %	96,3/3,7
Максимальный возраст, лет	47
Средний возраст, лет	19,9
Соотношение колесных и гусеничных, %	85,7/14,3
Соотношение российских и зарубежных, %	22,8/77,2
Доля за сроком амортизации, %	75
Количество моделей, шт	185
Тракторооснащенность, тр./тыс. га	4,93
Энергообеспеченность, л.с./тыс. га пашни	617,3

Анализ данных таблицы 6.8 и 6.9, отражающей состояние тракторного парка Республики Башкортостан выявил, что возрастная структура парка вызывает серьезные опасения: средний возраст техники составляет 19,9 лет при максимальном возрасте отдельных единиц до 47 лет, а доля тракторов, эксплуатируемых за сроком амортизации, достигает критических 75%. Такая ситуация неизбежно ведет к снижению надежности техники, росту затрат на ремонт и обслуживание, а также повышает риски срыва агротехнических сроков.

Технологическая потребность тракторов для АПК РБ определена исходя из принятых нормативов для агрозоны 4.2 [163]. Для обработки 2952,1 тыс. га пашни требуется 31018 тракторов 9 тяговых классов, из которых 16659 колесных тракторов и 14359 гусеничных тракторов.

Нормативная потребность в тракторах для АПК Республики Башкортостан определена исходя из принятых нормативов для агрозоны 4.2, включающие нормативы потребности в колесных и гусеничных тракторах всех тяговых классов, выраженные в эталонных единицах (трактор ТЭ-120) [163]. Согласно таблице 6.10, нормативная потребность составляет 5,7 эталонных тракторов на 1000 га пашни для колесных и 5,8 для гусеничных машин, с детализацией по каждому тяговому классу. Для пересчета конкретных моделей тракторов в эталонные единицы использовались специальные коэффициенты перевода.

Таблица 6.10 – Нормативы потребности в сельскохозяйственных тракторах на 1000 га пашни (эталонный трактор ТЭ-120)

Норматив	Тяговый класс									Всего
	0,6	0,9	1,4	2	3	4	5	6	8	
Колесные	0,29	0,11	0,92	0,85	1,55	0,19	1,16	0,54	0,08	5,7
Гусеничные				0,18	3,41	0,52	1,58	0,08	0,03	5,8

Общая площадь пашни в регионе, учитывающая посевные площади и пары, составляет 2952,1 тыс. га по данным Минсельхоза РБ. Фактическое наличие тракторов в регионе анализировалось на основе официальных данных Ростехнадзора РБ.

Для автоматизации расчетов технологической потребности применялась специализированная компьютерная программа "Программа расчета технологической потребности регионов России в сельскохозяйственной технике" [164], которая позволяет не только определить текущий дефицит техники, но и моделировать различные сценарии обновления парка с учетом агроклиматических особенностей региона, степени износа существующей техники и перспективных направлений развития сельскохозяйственного производства. Использование данной методики обеспечивает научно обоснованный подход к управлению тракторным парком, позволяя точно определять потребности в обновлении техники и оптимизировать ее структуру для эффективного выполнения сельскохозяйственных работ в установленные агротехнические сроки.

Сравнивая потребное количество тракторов с имеющимся в парке на конец 2021 г. (таблица 5.16), можно определить существующий дефицит.

В таблицах 6.11 и 6.12 представлены структурированные данные по количественному составу тракторного парка сельскохозяйственных колесных и гусеничных тракторов в республике Башкортостан.

Таблица 6.11 – Количественный состав тракторного парка сельскохозяйственных колесных тракторов на конец 2021 года в сравнении с технологической потребностью для 2952,1 тыс. га пашни

Показатель	Тяговый класс									Всего
	0,6	0,9	1,4	2	3	4	5	6	8	
Потребность в эт.ед.	856	325	2716	2509	4576	561	3424	1594	236	16797
Усл. коэф. перевода	0,23	0,43	0,74	1,04	1,35	2,39	1,91	2,63	3,12	
Потребность в физ. ед.	3722	755	3670	2413	3389	235	1793	606	76	16659
Наличие, физ. ед.	325	257	7739	721	1840	300	877	400	18	12477
Дефицит (избыток), физ.ед.	3397	498	-4069	1692	1549	-65	916	206	58	4182

Таблица 6.12 – Количественный состав тракторного парка сельскохозяйственных гусеничных тракторов на конец 2021 года в сравнении с технологической потребностью для 2952,1 тыс. га пашни

Показатель	Тяговый класс						Всего
	2	3	4	5	6	8	
Потребность в эт.ед.	531	10067	1535	4664	236	89	17122
Усл. коэф. перевода	0,92	1,03	1,50	1,63	2,41	3,58	
Потребность в физ. ед.	578	9773	1023	2862	98	25	14359
Наличие, физ. ед.	134	1579	343	8	1	18	2083
Дефицит, физ.ед.	444	8194	680	2854	97	7	12276

Анализ данных таблиц 6.11 и 6.12 показал, что для обработки 2952,1 тыс. га пашни требуется 31018 тракторов 9 тяговых классов, из которых 16659 колесных тракторов и 14359 гусеничных тракторов.

Общий дефицит тракторов составляет 16 458 единиц, из которых 4 182 приходится на колесные и 12 276 на гусеничные машины, что не позволяет выполнять агротехнологические операции в установленные сроки.

6.3.2 Методика оптимизации количественно-возрастного состава тракторного парка в условиях дефицита и эксплуатации за сроком амортизации

Рассматривая количественно-возрастную структуру парка тракторов РБ необходимо определить оптимальное количество из условия минимизации совокупных затрат Z^{Σ} [165].

Для нахождения точки списания необходимо найти минимум совокупных затрат Z^{Σ} :

$$Z^{\Sigma} = Z_{CA}(n^{CA}) + V_a(\tau) \Rightarrow \min, \quad (6.4)$$

где Z_{CA} – перерасход денежных средств на использование тракторов, работающих сверх срока амортизации, руб.;

$V_a(\tau)$ – недобор и потери урожая, из-за снижения тракторооснащенности, приводящей к нарушению агросроков, руб.

Перерасход денежных средств, связанный с эксплуатацией парка тракторов за сроком амортизации найдем по формуле:

$$Z_{CA} = \sum_i \sum_j n_{ij}^{CA} (\Delta P_{ij}^{CA} + \Delta \Gamma_{ij}^{CA}), \quad (6.5)$$

где n_{ij}^{CA} – количество тракторов i -й марки j -го возраста, работающих сверх срока амортизации, тр.;

ΔP_{ij}^{CA} – превышение затрат на техническое обслуживание и ремонт тракторов i -й марки j -го возраста, работающих сверх срока амортизации, руб./тр.;

$\Delta \Gamma_{ij}^{CA}$ – превышение затрат на топливо-смазочные материалы тракторов i -й марки j -го возраста, работающих сверх срока амортизации, руб./тр.;

Затраты и потери продукции зависят от возраста техники и тракторосооруженности. Рассмотрим теоретические зависимости этих потерь и затрат от возраста трактора. В отличие от ГОСТ 34393-2018, в котором затраты определяются на единицу наработки, в предлагаемой методике затраты и потери должны быть отнесены на один среднестатистический трактор.

С учетом аналитических зависимостей затрат и потерь, полученных ранее [34], определим потери и затраты, связанные с эксплуатацией тракторов за сроком амортизации и дефицитом техники:

- *определение затрат на техническое обслуживание и ремонт (ΔP) трактора*

Затраты на техническое обслуживание и ремонт (TOP) определяются по формуле:

$$P = \frac{B \cdot r_p}{100}, \quad (6.6)$$

где B – балансовая стоимость трактора, руб./тр.; r_p – норма отчислений на TOP , %.

В данной формуле ежегодные затраты на TOP представляют фиксированный процент от балансовой стоимости трактора, в действительности затраты на TOP зависят от возраста трактора и имеют нарастающий характер. Проанализировав практические данные об изменении затрат на TOP , результаты исследований изменений затрат на TOP [34]

приходим к тому, что для корректировки затрат на ТОР тракторов необходимо ввести поправочный коэффициент затрат на ТОР:

$$k_p = e^{K_p \cdot j}, \quad (6.7)$$

где K_p – параметр, характеризующий увеличение затрат на ремонт и техническое обслуживание, год⁻¹; j – возраст трактора, год.

Согласно данным [34] $K_p = (0,012...0,048)$ год⁻¹. Величина параметра зависит от типа машины, условий эксплуатации и качества системы ТОР.

С учетом поправочного коэффициента нарастания затраты на ТОР ($k_{ТОР}$) формула (6.16) для определения затрат на ТОР примет вид:

$$P = \frac{B \cdot r_p}{100} e^{K_p \cdot j}. \quad (6.8)$$

Определим превышение затрат на ТОР для среднего трактора j -го возраста, эксплуатируемого за сроком амортизации, т.е. старше 10 лет:

$$\Delta P_j = \frac{B \cdot r_p}{100} (e^{K_p \cdot j} - e^{K_p \cdot 10}), \quad (6.9)$$

где B – балансовая стоимость трактора, руб.; r_p – норма отчислений на ТОР, %; K_p – параметр, характеризующий увеличения затрат на ремонт и техническое обслуживание, год⁻¹; j – возраст трактора, год.

- *определение затрат на топливо-смазочные материалы ($\Delta\Gamma$) трактора*

Затраты на топливо-смазочные материалы (ТСМ) определяем по формуле:

$$\Gamma = H \cdot \Pi_T \cdot g_T \cdot N \cdot k_3 \cdot k_{cm}, \quad (6.10)$$

где H – нормативная годовая наработка трактора, моточ./тр.; (принимается, что наработка не зависит от возраста и от марки трактора); Π_T – цена килограмма топлива, руб./кг; g_T – удельный расход топлива при номинальной мощности, кг/л.с.·ч; N – номинальная мощность трактора, л.с.; $k_3 = 0,85$ – коэффициент загрузки двигателя; $k_{cm} = 1,1$ – коэффициент учета стоимости смазочных материалов.

В связи с техническим износом деталей и нарастанием разрегулировок в узлах и механизмах трактора увеличивается минимальный удельный расход топлива при эксплуатационной мощности и для уточнения расхода топлива и соответствующих затрат на ТСМ необходимо ввести поправочный коэффициент, зависящий от возраста трактора:

$$k_{\Gamma} = 0,0003 \cdot j^2 + 0,0152 \cdot j + 0,9661. \quad (6.11)$$

Коэффициенты уравнения (6.11) получены путем аппроксимации экспериментальных данных [34] полиномом второго порядка с коэффициентом достоверности $R^2=0,96$.

В диапазоне от 10 до 18 лет поправочный коэффициент возрастает с 1,18 до 1,36.

С учетом поправочного коэффициента (k_{Γ}) формула (6.10) для нахождения затрат на ТСМ примет вид:

$$\Gamma = H \cdot \Pi_{\Gamma} \cdot g_{\Gamma} \cdot N \cdot k_3 \cdot k_{cm} (0,0003 \cdot j^2 + 0,0152 \cdot j + 0,9661). \quad (6.12)$$

На основании формулы (6.12) определим превышение затрат на ТСМ для среднего трактора j -го возраста, эксплуатируемого за сроком амортизации, т.е. старше 10 лет:

$$\Delta \Gamma_j = H \cdot \Pi_{\Gamma} \cdot g_{\Gamma} \cdot N \cdot k_3 \cdot k_{cm} (k_{\Gamma}^j - k_{\Gamma}^{10}), \quad (6.13)$$

где H – нормативная годовая наработка трактора, мото-ч; (принимаем, что наработка не зависит от возраста и от марки трактора); Π_{Γ} – цена килограмма топлива, g_{Γ} – удельный номинальный расход топлива; N – номинальная мощность трактора, л.с.; $k_3 = 0,85$ – коэффициент загрузки двигателя; $k_{cm} = 1,1$ – коэффициент учета стоимости смазочных материалов; k_{Γ}^j – поправочный коэффициент, зависящий от возраста трактора; j – возраст трактора, год.

Зависимость Z_{CA} , учитывающих превышения затрат на ТОР, ТСМ, связанных с работой парка тракторов за сроком амортизации, при $\Pi_{\Gamma} = 60,0$ руб./кг и $\psi = 12,9$ руб./кг, представлена на рисунке 6.11.

- *определение агрономических потерь, приходящихся на трактор*

Величина потерь и недобора урожая (V_a) имеет две составляющих:

-количественная – уменьшение тракторосоорнащенности (V_a^r);

-качественная – снижение коэффициента технической готовности (V_a^K).

Эти две составляющие приводят к увеличению нормативного агросрока.

Коэффициент увеличения агросрока, зависящий от тракторосоорнащенности определяется по формуле:

$$\chi = \frac{\gamma_{норм}}{\gamma_{тек}}, \quad (6.14)$$

где $\gamma_{норм}$ – нормативная нагрузка на трактор, га/тр.; $\gamma_{тек}$ – текущая нагрузка на трактор, га/тр.

Коэффициент увеличения агросрока, зависящий от возраста трактора, связан с коэффициентом технической готовности и определяется по формуле [34]:

$$K_{mг} = e^{-\theta \cdot j}, \quad (6.15)$$

где θ – параметр, характеризующий интенсивность изменения коэффициента технической готовности, год⁻¹; j – возраст трактора, год.

Тогда с учетом формул (6.14) и (6.15) определим реальный агросрок (A_p):

$$A_p = \frac{A_H}{\chi \cdot K_{mг}}, \quad (6.16)$$

где A_H – нормативный агросрок проведения сельскохозяйственной операции, дн.

Анализ отклонения реального агросрока от нормативного в зависимости от тракторосоорнащенности и возраста трактора (рисунок 6.10) показывает, что отклонение от нормативной тракторосоорнащенности до минимальной ($11 \geq \tau \geq 4,5$) в большей степени влияет на коэффициент увеличения агросрока, чем изменение возраста трактора от нового трактора до максимального возраста ($1 \leq T \leq 20$).

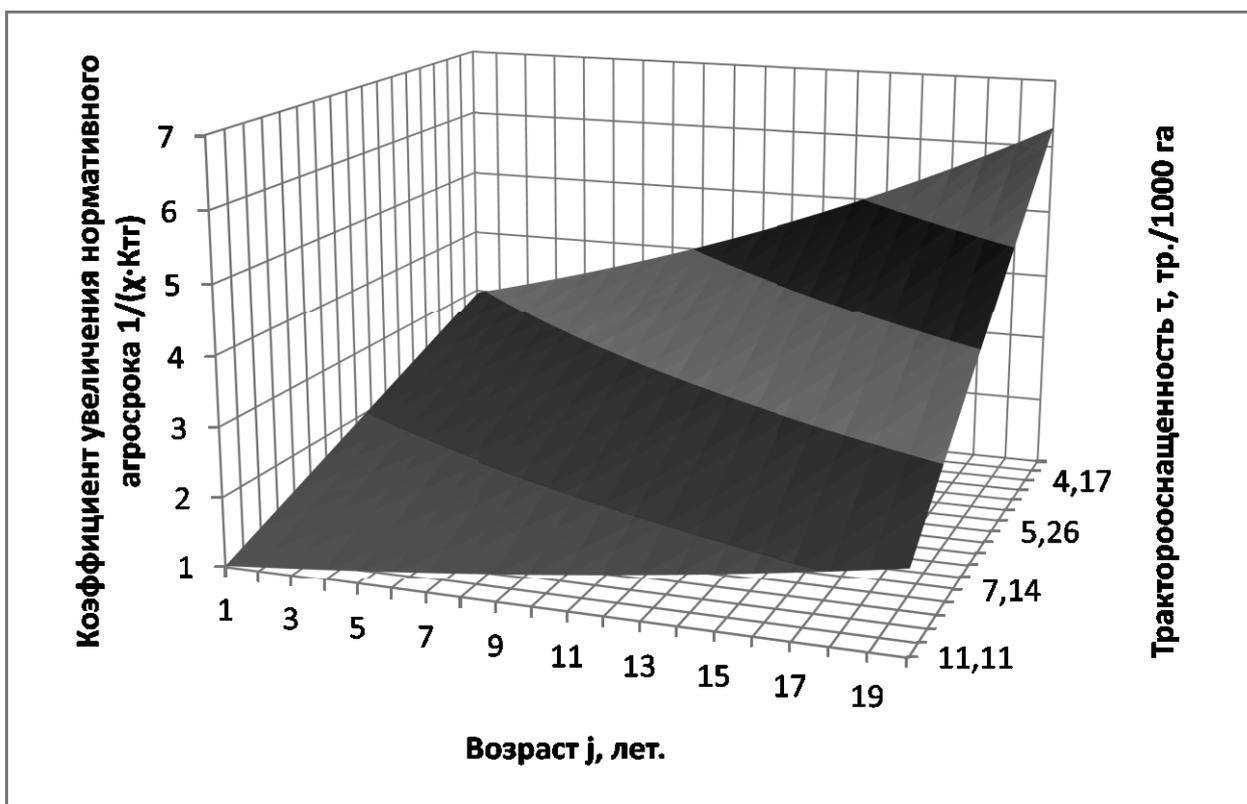


Рисунок 6.10 – Определение реальной продолжительности агросрока в зависимости от трактороснащенности и возраста трактора

Агрономические потери, отнесенные к одному трактору при отклонении реального агросрока от нормативного, определим по формуле:

$$Y_a = \gamma \cdot y \cdot \delta \cdot \varphi \cdot (A_p - A_H), \quad (6.17)$$

где γ – нагрузка на трактор, га/тр.; y – урожайность, кг/га; δ – потери урожая при отклонении от нормативного агросрока на один день, дн^{-1} ; φ – стоимость одного килограмма урожая, руб./кг.

Подставим уравнение (6.16) в (6.17) получим:

$$Y_a = \gamma \cdot y \cdot \delta \cdot \varphi \cdot \left(\frac{A_H}{\chi \cdot K_{mc}} - A_H \right). \quad (6.18)$$

На основании формулы (6.28), определим потери урожая, связанные со снижением коэффициента технической готовности в зависимости от возраста тракторов при постоянной трактороснащенности:

$$\Delta Y_j = \frac{\gamma \cdot y \cdot \delta \cdot \varphi \cdot A_H}{\chi} \left(\frac{1}{e^{-\theta \cdot j}} - \frac{1}{e^{-\theta \cdot 10}} \right), \quad (6.19)$$

где γ – нагрузка на трактор, га/тр.; y – урожайность, кг/га; δ – потери урожая при отклонении от нормативного агросрока на один день, дн^{-1} ; ζ – стоимость одного килограмма урожая, руб./кг; A_H – нормативная продолжительность агросрока, дн.; θ – параметр интенсивности изменения коэффициента технической готовности; j – возраст трактора, год.

На основании формулы (6.18), определим потери урожая, связанные со снижением тракторосооруженности при постоянном коэффициенте технической готовности:

$$\Delta V_a = \frac{n \cdot \gamma \cdot y \cdot \zeta \cdot \delta \cdot A_H}{K_{m_2} \cdot \gamma_{\text{норм}}} \cdot \Delta \gamma, \quad (6.20)$$

где n – количество тракторов в парке, тр.; γ – нагрузка на трактор, га/тр.; y – урожайность, кг/га; ζ – стоимость одного килограмма урожая, руб./кг; δ – потери урожая при отклонении от нормативного агросрока на один день, дн^{-1} ; A_H – нормативная продолжительность агросрока, дн.; K_{m_2} – коэффициент технической готовности парка; $\gamma_{\text{норм}}$ – нормативная нагрузка на трактор, га/тр.; $\Delta \gamma$ – увеличение нагрузки на трактор, га/тр.

Зависимость изменения агрономических потерь $V_a(\tau)$ при стоимости произведенной продукции 227,5 млрд рублей (2,7%) млрд руб. представлена на рисунке 6.11.

Зависимость изменения суммарных затрат 3^{Σ} по уравнению (6.5) представлена на рисунке 6.11 в диапазоне изменения возраста тракторов от 11 до 47 лет).

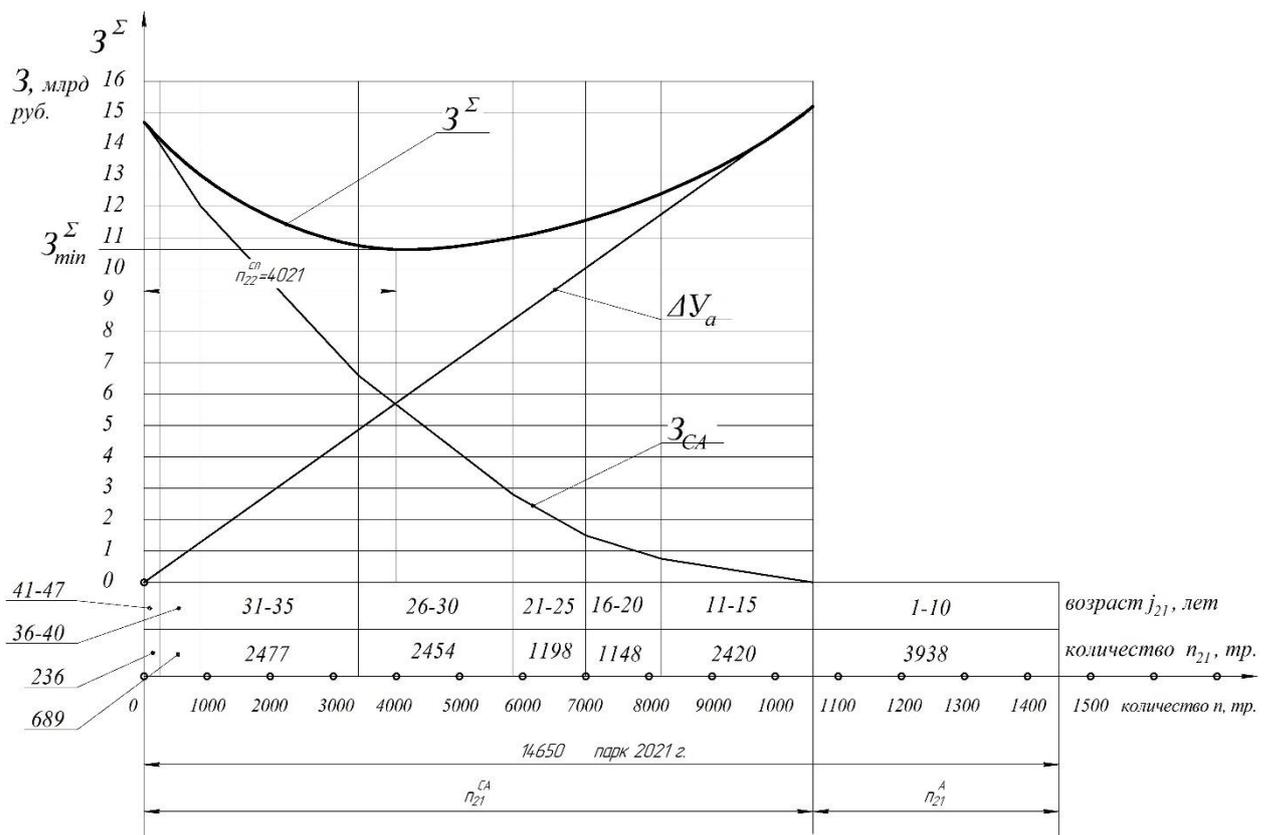


Рисунок 6.11 – Определение сокращения тракторного парка в 2021 г. из числа эксплуатируемых сверх срока амортизации, как соответствующих минимальным совокупным затратам Z_{min}^{Σ}

После построения зависимостей Z_{CA} и $Y_a(\tau)$, путем суммирования, определяется кривая совокупных затрат Z^{Σ} . Эта кривая аппроксимируется полиномом второй степени и определяется точка, в которой производная данной функции равна нулю. Эта точка на количественно-возрастной шкале и будет соответствовать оптимальному количественно-возрастному составу тракторного парка.

В рассмотренном примере тракторный парк 2021 г. составлял 14560 тр. с предельным возрастом 47 лет. Проведенные в соответствии с указанной методикой расчеты позволили оценить для парка 2021 г. минимальные значения части совокупных затрат Z_{min}^{Σ} , составляющих сумму затрат в размере 10,9 млрд руб. (рисунок 6.11) при списании 4021 тр. максимальный возраст тракторов в парке составит 30 лет.

Таким образом, разработанный методический подход определения оптимального количественно-возрастного состава тракторного парка в условиях ограниченности ресурсов на основе минимизации суммарных затрат, учитывающих затраты на использование тракторов, работающих сверх срока амортизации, и агрономические потери, представляется достаточно эффективным и позволяет уточнить прогноз развития сельскохозяйственного производства РБ как системы с ограниченными ресурсами с оценкой его реальных потерь.

Одновременно, предложенный метод оценки дает основание считать, что базовым фактором для прекращения продолжающейся до настоящего времени его деградации и будущего эффективного возрождения является восстановление тракторного парка. Приоритетность развития тракторного парка должна обеспечивать мультипликативный эффект при возрождении механизированного сельскохозяйственного производства.

Рассмотренная методика также позволяет решать задачу оптимизации количественно-возрастного состава тракторного парка конкретного хозяйства в условиях его убыточности.

6.3.3 Прогнозирование потребности в тракторах до 2030 года

Для определения прогнозной потребности в сельскохозяйственной технике необходимо иметь три составляющих. Во-первых, условный (эталонный) коэффициент, во-вторых, нормативный показатель потребности в тракторах на 1000 га пашни, а также перспективная площадь пашни.

В связи с тем, что технический уровень за последние 15 лет вырос, а средняя мощность тракторов в парке увеличилась до 125 л.с., и наблюдается тенденция ее увеличения с прогнозом 150 л.с., условный коэффициент будет равен не 1,3, который был использован в 2025 году, а 1,35, то есть к 2030 году он будет соответствовать техническому прогрессу на тот период.

Далее, значение норматива потребности в тракторах соответственно уменьшится и будет равен 9,5 вместо 11,5 в 2025 году.

Обрабатываемая площадь пашни региона составляет 2952,1 тыс. га, а необрабатываемая составляет 490,1 тыс. га, которую целесообразно ввести в активный оборот. Кроме того, необходимо учитывать полный потенциал пахотных земель региона, который оценивается в размере 4774 тыс. га, как зафиксированная наибольшая площадь пашни.

В связи с этим прогнозная потребность будем рассчитывать по нескольким сценарием.

Первый сценарий подразумевает расчет потребности исходя из максимально возможной площади пашни региона 4774 тыс. га.

Определяем прогнозную потребности в тракторах на 2030 год для всех категориях хозяйств в эталонных единицах [166]:

$$N_{\text{эт}}^{\text{T}} = \frac{n_{\text{T}} \cdot S_{\text{п}}}{1000} = \frac{9,5 \cdot 4774000}{1000} = 44353.$$

где $N_{\text{эт}}^{\text{T}}$ – количество тракторов в эталонных единицах, эт. ед;

n_{T} – норматив потребности в тракторах на 1000 га пашни;

$S_{\text{п}}$ – площадь пашни, га.

В физических единицах с учетом среднего условного коэффициента 1.35 прогнозная потребность тракторах будет следующая:

$$N_{\text{физ}}^{\text{T}} = \frac{N_{\text{эт}}^{\text{T}}}{K_{\text{ср}}^{\text{у}}} = \frac{44353}{1.35} = 33595.$$

где $N_{\text{физ}}^{\text{T}}$ – количество тракторов в физических единицах, шт.;

$K_{\text{ср}}^{\text{у}}$ – средний условный коэффициент.

Для второго сценария площадь пашни взята с учётом неиспользованных земель для всех категориях хозяйств в объеме 3442,2 тыс. га.

Таким образом по этому сценарию определим потребности в тракторах для всех категориях хозяйств с учётом наблюдений динамики общих земельных и технических показателей развития машинно-тракторного парка в период до 2030 года

$$N_{\text{эт}}^{\text{T}} = \frac{n_{\text{T}} \cdot S_{\text{п}}}{1000} = \frac{9,5 \cdot 3442200}{1000} = 32701.$$

В физических единицах потребность тракторах будет:

$$N_{\text{физ}}^{\text{т}} = \frac{N_{\text{эт}}^{\text{т}}}{K_{\text{ср}}^{\text{у}}} = \frac{32701}{1,35} = 24223.$$

Третий сценарий включает расчет прогнозной потребности в общем количестве тракторов в эталонных единицах для текущей площади пашни Республики Башкортостан

$$N_{\text{эт}}^{\text{т}} = \frac{n_{\text{т}} \cdot S_{\text{п}}}{1000} = \frac{2952100 \cdot 9,5}{1000} = 28045.$$

В физических единицах потребность тракторах

$$N_{\text{физ}}^{\text{т}} = \frac{28045}{1.35} = 20774.$$

В настоящее время парк тракторов Республики Башкортостан содержит 14 560 единиц, при этом нагрузка на 1 трактор при текущей площади пашни (2952,1 тыс. га) составляет 203 га, что выше установленных Министерством сельского хозяйства РБ целевых показателей (180 га). В количественном выражении дефицит для третьего сценария составляет 6214 тракторов.

По данным Министерства сельского хозяйства Республики Башкортостан в 2021 г. парк тракторов обновился на 527 единиц. Такой темп обновления техники не позволит к 2030 году достичь целевых показателей отраслевого министерства.

На рисунке 6.12 показана количественно-возрастная структура тракторного парка Республики Башкортостан в 2030 г. при соблюдении плана его обновления. При этом тракторный парк будет иметь средний возраст техники 20,8 лет, против 19,9 лет в 2021 году.

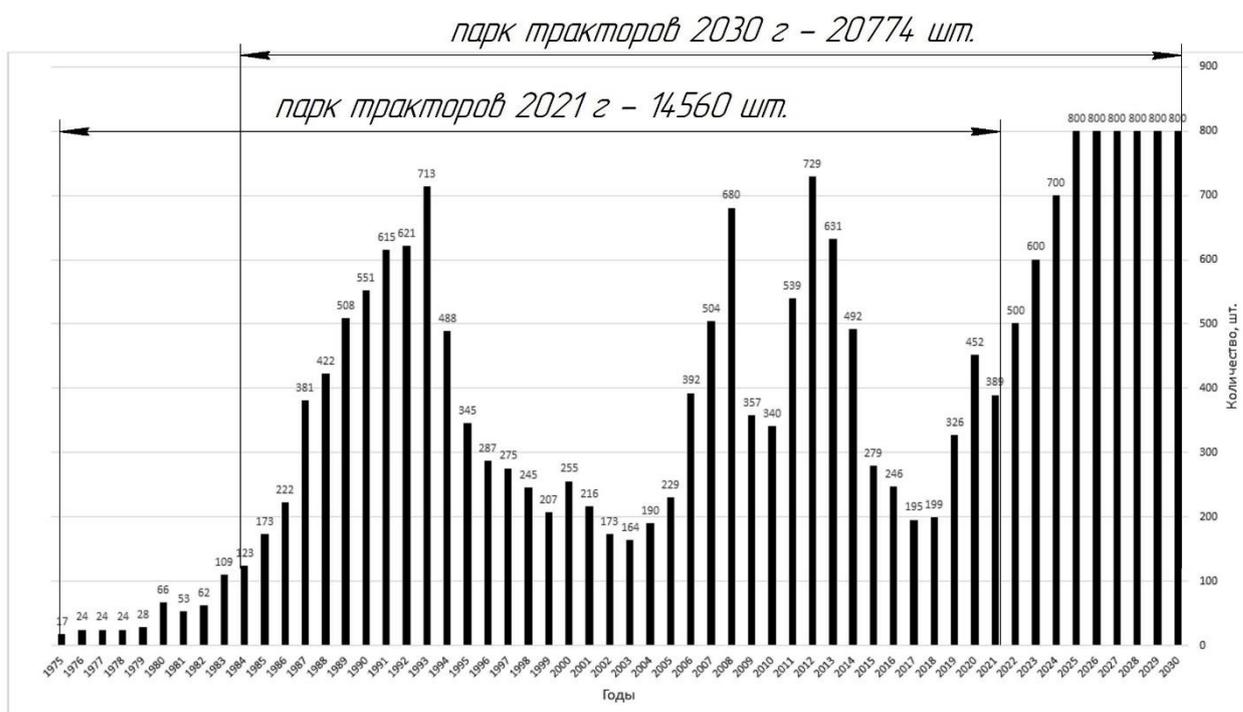


Рисунок 6.12 – Количественно-возрастная структура тракторного парка РБ

Из рисунка 6.12 видно, что для формирования парка тракторов 20774 шт. к 2030 г. (с сохранением текущего срока службы тракторов в парке) необходимо, чтобы годовые закупки тракторов 2024 г. составляли 700 шт., а в 2025-2030 гг. – по 800 шт. Нагрузка на 1 трактор при этом составит 165 га пашни.

Выводы по главе 6

1. Предлагаемая методика оценки энергетической эффективности комбинированных агрегатов основана на построении эксплуатационно-энергетической характеристики машинно-технологической операции, которая представляет собой систему взаимосвязанных энергетических, кинематических, агротехнических и хозяйственных показателей использования МТА.

2. Разработанная научно-обоснованная система оценки фактической эффективности техники в современных условиях, на примере тракторного парка РБ, позволила определить показатели использования существующего тракторного парка.

3. Разработанная методика оптимизации количественно-возрастного состава тракторного парка, базирующаяся на принципе разделения затрат на связанные с использованием тракторов до срока амортизации и сверх срока амортизации, позволила провести расчеты оптимального количества тракторов в парке АПК РБ, величина которого составила 10539 тр.

4. Разработанный прогноз потребности в сельскохозяйственных тракторах для достижения технологической обеспеченности механизированных технологий, позволил определить необходимую количественно-возрастную структуру парка до 2030 г.

7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАУЧНО-ОБОСНОВАННЫХ ОСНОВ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

При оценке экономической эффективности каждый уровень рассматривался отдельно:

- технологическое направление, представлено в виде уменьшения полных затрат энергии на единицу продукции на примере хозяйства Московской области;

- двухпараметрическая классификация, представлена в виде выбора граничных условий эффективного применения тракторов разной энергонасыщенности, на примере типичных в европейской части России полей;

- технологическая потребность и реальный парк, представлены как отклонение рассчитанного нормативного количества тракторов от имеющегося парка, в виде недобора и потерь урожая, на примере сельскохозяйственного производства Калужской области.

7.1 Оценка энергетической эффективности реализации технологического направления развития сельскохозяйственного трактора

Результаты НИР, проведенные в ВИМе при участии автора [72], использованы в данном пункте и опубликованы в [54, 55].

Оценка эффективности технологического направления, связанного с уменьшением конструкционной массы с одновременной разработкой ходовых систем с повышенными тягово-сцепными качествами при увеличении коэффициента использования сцепного веса колесного движителя до 0,5, проводилась с применением «Методики топливно-энергетической оценки производства продукции растениеводства» [160].

Расчеты проводились для определения возможностей повышения энергетической эффективности колесного трактора тягового класса 1,4 в 1,5 раза в полном жизненном цикле за счет уменьшения конструкционной массы

и уменьшения расхода топлива при возможном повышении производительности машинно-тракторных агрегатов на базе этого трактора в условиях годовой загрузки в Московской области.

Методической особенностью в этом случае должно быть обоснование максимально достижимых в настоящее время уменьшении конструкционной массы трактора $M_{тр}$ и минимального расхода топлива двигателя $g_{e.min}$ и повышении сменной производительности машинно-тракторных агрегатов $W_{см}$

При оценке энергетической эффективности перспективного трактора с комплексом машин применение методики затруднительно, поскольку остаются неизвестными объемы производства продукции. В этом случае предлагается провести энергетическую оценку по относительному снижению полных удельных топливно-энергетических затрат $\bar{\Delta} \mathcal{E}_w^{nk}$ во всем спектре (n) технологических операций, выполняемых комплексом машин с учетом их средневзвешенных значений $\tau_{гi}$ (в процентах) в годовой занятости на основе расчета снижения удельных полных энергетических затрат по i -ой операции [54, 55, 72]:

$$\bar{\Delta} \mathcal{E}_{wi}^n = \frac{\mathcal{E}_i^{nб} - \mathcal{E}_i^{nh}}{\mathcal{E}_i^{nб}},$$

где индекс б относится к базовому варианту трактора; н – к новому; с определением снижения полных удельных топливно-энергетических затрат во всем спектре (n) технологических операций.

$$\bar{\Delta} \mathcal{E}_w^{nk} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \bar{\Delta} \mathcal{E}_{wi}^n \cdot \tau_{гi}}{100}, \quad (7.1)$$

где $\tau_{гi}$ – средневзвешенное значение годовой занятости;

к – отношение к полному комплексу машин.

Учитывая, что полные удельные топливно-энергетические затраты на технологическую операцию без учета затрат энергии на живой труд составляют:

$$\mathcal{E}_w^n = \frac{\mathcal{E}_{\text{тр}} + \mathcal{E}_M + \mathcal{E}_X + \mathcal{E}_{\text{топ}}}{W_{\text{см}}}, \left[\frac{\text{МДж}}{\text{га}} \right]$$

получим:

$$\bar{\Delta}\mathcal{E}_w^n = \frac{\left(\frac{\mathcal{E}_{\text{тр}}^{\text{б}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}} - \frac{\mathcal{E}_{\text{тр}}^{\text{н}}}{W_{\text{см}}^{\text{н}}} \right) + \left(\frac{\mathcal{E}_M^{\text{б}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}} - \frac{\mathcal{E}_M^{\text{н}}}{W_{\text{см}}^{\text{н}}} \right) + \left(\frac{\mathcal{E}_X^{\text{б}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}} - \frac{\mathcal{E}_X^{\text{н}}}{W_{\text{см}}^{\text{н}}} \right) + \left(\frac{\mathcal{E}_{\text{топ}}^{\text{б}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}} - \frac{\mathcal{E}_{\text{топ}}^{\text{н}}}{W_{\text{см}}^{\text{н}}} \right)}{\frac{\mathcal{E}_{\text{тр}}^{\text{б}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}} + \frac{\mathcal{E}_M^{\text{б}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}} + \frac{\mathcal{E}_X^{\text{б}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}} + \frac{\mathcal{E}_{\text{топ}}^{\text{б}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}}}, \quad (7.2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{тр}}$, \mathcal{E}_M , \mathcal{E}_X , $\mathcal{E}_{\text{топ}}$ – энергозатраты отнесенных к 1 часу работы, соответственно, трактора, машины, средств химизации и топлива, МДж/га;

$W_{\text{см}}$ – сменная производительность, га/ч.

Для определения относительного снижения удельных энергозатрат выполнения технологической операции при одинаковой массе сравниваемых машин ($M_M^{\text{б}} = M_M^{\text{н}}$) и равных дозах внесения средств химизации упростим с некоторым приближением выражение (7.2) до вида:

$$\bar{\Delta}\mathcal{E}_w^n = \frac{\left(\frac{\mathcal{E}_{\text{тр}}^{\text{б}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}} - \frac{\mathcal{E}_{\text{тр}}^{\text{н}}}{W_{\text{см}}^{\text{н}}} \right) + \left(\frac{\mathcal{E}_{\text{топ}}^{\text{б}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}} - \frac{\mathcal{E}_{\text{топ}}^{\text{н}}}{W_{\text{см}}^{\text{н}}} \right)}{\frac{\mathcal{E}_{\text{тр}}^{\text{б}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}} + \frac{\mathcal{E}_{\text{топ}}^{\text{б}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}}}. \quad (7.3)$$

В соответствии с определим:

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{тр}} \alpha_{\text{тр}} (a_{\text{тр}} + R_{\text{тр}})}{100 \cdot T_{\text{г.тр}}}, \left[\frac{\text{МДж}}{\text{га}} \right]$$

где $M_{\text{тр}}$ – конструкционная масса трактора, кг;

$\alpha_{\text{тр}}$ – энергетический эквивалент трактора, МДж/кг;

$a_{\text{тр}}$, $R_{\text{тр}}$ – годовые амортизационные отчисления на реновацию и ремонт, %;

$T_{\text{г.тр}}$ – годовая нормативная загрузка трактора, ч;

$$\mathcal{E}_{\text{топ}} = g_e \cdot N_e \cdot (e_{\text{топ}} + \alpha_{\text{топ}}) \cdot 10^{-3}, \text{ МДж/ч,}$$

где g_e – удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВт·ч;

N_e – номинальная мощность двигателя, кВт;

$\alpha_{\text{топ}}$ – энергетический эквивалент топлива, МДж/кг;

$e_{\text{топ}}$ – теплосодержание топлива, МДж/кг.

В результате преобразований уравнения (7.3), с учетом соотношений:

$$\frac{M_{\text{тр}}^{\text{н}}}{M_{\text{тр}}^{\text{б}}} = a, \quad \frac{g_{\text{е}}^{\text{н}}}{g_{\text{е}}^{\text{б}}} = b, \quad \frac{W_{\text{см}}^{\text{н}}}{W_{\text{см}}^{\text{б}}} = c.$$

получим:

$$\bar{\Delta}\mathcal{E}_{\text{w}}^{\text{нк}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{тр}}^{\text{б}} \left(1 - \frac{a}{c}\right) + \mathcal{E}_{\text{топ}}^{\text{б}} \left(1 - \frac{b}{c}\right)}{\mathcal{E}_{\text{тр}}^{\text{б}} + \mathcal{E}_{\text{топ}}^{\text{б}}} \quad (7.4)$$

Таким образом, задача сводится к определению энергозатрат трактора $\mathcal{E}_{\text{тр}}^{\text{б}}$ и топлива $\mathcal{E}_{\text{топ}}^{\text{б}}$ по базовому варианту и коэффициентов (a), (b), (c), соответствующих характеристикам нового комплекса машин для всего спектра выполняемых сельскохозяйственных работ.

Предложенная методика была апробирована при сравнении энергетической эффективности перспективного экологически безопасного трактора тягового класса 1,4 и базового трактора Беларусь 1025, производства Минского тракторного завода Республики Беларусь [54, 55, 72], представленных на рисунках 7.1-7.3.



Рисунок 7.1 – Беларусь 1025 Базовый

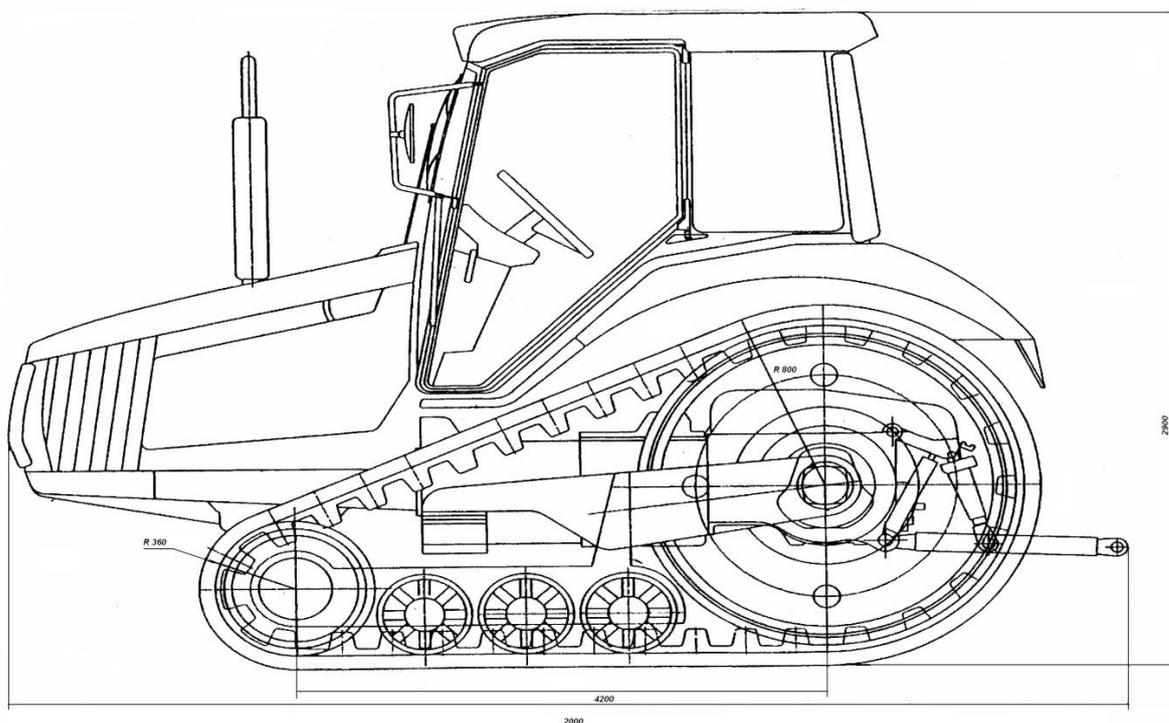


Рисунок 7.2 – Новый экологически безопасный трактор тягового класса 1,4



Рисунок 7.3 – Макет в масштабе 1:5 с реализацией конструктивного решения быстросъемной замены колесного движителя на гусеничный

Сельскохозяйственные тракторы тягового класса 1,4 имеют мощность на валу отбора мощности 41...94 кВт (56...128л.с.) и эксплуатационную массу

3231 кг...4620 кг и являются со своим комплексом машин (более 250 наименований) наиболее универсальными и массовыми в тракторном парке Российской Федерации. Вместе с этим имеющиеся в парке модели тракторов «Беларус» разрабатывались в 70-х годах прошлого века и по ряду показателей (экология, ресурсоэффективность) не соответствуют современным требованиям.

В качестве зарубежных аналогов с близкими техническими характеристиками могут рассматриваться модели, выпускаемые ведущими мировыми фирмами и представленные в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Основные технические характеристики нового трактора и тракторов аналогов при сравнительной оценке энергоемкости производимой продукции

Показатели	Новый трактор	Аналоги (страна производитель)			
		Беларус 1025 (Республика Беларусь)	JD 6095B (США)	Agrotron 105tt (ФРГ)	TS1004 (КНР)
Мощность двигателя кВт (л.с.)	75 (102)	75 (102)	70(95)	74(101)	74(101)
Масса, кг *					
Эксплуатационная	2800	4400	4200	4500	4000
Конструкционная	2430	3930	3830	4130	3630
Удельный расход топлива, г/кВт	193	224	224	230	230

* - масса технологического материала в месте с оператором составляет 370 кг.

Концептуальная особенность перспективного универсально-пропашного трактора класса 1,4 заключается в обоснованном (п. 3.4) существенном снижении удельной материалоемкости с 57,3 кг/кВт («Беларус» 1025) до 37,3 кг/кВт при сохранении тяговых показателей с одновременным снижением буксования и обеспечении экологических ограничений по воздействию движителей на почву. Перспективный трактор при конструкционной массе $M_{тр}^H = 2430$ кг характеризуют дизель постоянной мощности $N_e^H = 75$ кВт с минимальным удельным расходом топлива $g_{e.min} = 193$

г/кВт·ч, механическая трансмиссия с переключением передач внутри диапазона без разрыва силового потока и бесступенчатым регулированием между смежными передачами с автоматическим отключением заднего моста на повороте для обеспечения суперманевренности трактора (поворот вокруг проекции центра заднего моста на опорную поверхность, $R_n=0$), механическая система отбора мощности с автоматическим поддержанием заданной частоты вращения хвостовика ВОМ, сменный тип движителя (колесный, гусеничный) с условным тяговым КПД на стерне 0,72-0,80 [54, 55, 72].

Перечисленные конструктивные особенности позволяют приближенно оценить значения искомым отношений (а), (b) и (с).

Отношение (а) конструкционных масс нового и базового тракторов ($M_{\text{тр}}^{\bar{b}}=3930$ кг) является заданным ($a=0,62$) и обеспечивается применением рамной компоновки, заменой аккумуляторного пуска на конденсаторный, применением прогрессивных конструкционных материалов, применением механической трансмиссии с кинематическим смещением передаточного отношения к ведущим колесам.

Отношение (b) нового удельного расхода топлива к базовому ($g_{e,\text{min}}^{\bar{b}}=224$ г/кВт·ч) определено (таблица 7.2) с учетом оснащения трактора автоматическим ВОМ, обеспечивающим снижение удельного расхода топлива при недогрузке по мощности за счет оптимального регулирования двигателя с переходом на частичные режимы работы. Дополнительное влияние на уменьшение коэффициента (b) оказывает отношение минимальных удельных расходов топлива нового и базового двигателей.

Значения отношений (с) новой и базовой производительности по спектру выполняемых технологических операций (таблица 7.2) учитывают следующие факторы, характерные для нового варианта:

- увеличение рабочей скорости на 5-9% за счет уменьшения буксования;
- увеличение $\tau_{\text{см}}$ на 5% за счет уменьшения затрат времени на повороты

$(R_n=0)$;

- увеличение рабочей скорости на 4-6% за счет увеличения КПД трансмиссии;

- отсутствие буксования при совмещении функций активных рабочих органов и движителей;

- увеличение рабочей скорости при использовании автоматического ВОМ на 8-15%;

- снижение удельного расхода топлива за счет оптимального регулирования двигателя на 5-15% при недогрузке по мощности [54, 55, 72].

Таблица 7.2 – Относительные показатели использования тракторов класса 1,4 «Беларус» 1025 с традиционным комплексом машин и трактора экологически безопасного нового поколения с перспективным комплексом машин (Московская область)

Технологическая операция	Базовый вариант			Новый вариант			Отношение производительности новых агрегатов к базовым, (с)	Отношение удельного расхода топлива нового к базовому, (b)
	средняя загрузка по мощности, %	использование ВОМ		средняя загрузка по мощности, %	использование ВОМ			
		относительная занятость, %	средняя загрузка, %		относительная занятость, %, в т.ч. совмещением функции движителя	средняя загрузка, %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вспашка	80-84	-	-	98-100	30-35	70	1,27	0,86
Сплошная культивация	88-92	-	-	100	10-15 ¹⁾	60	1,20	0,86
Сев	40-50	40 ²⁾	10-12	40-50	до 40	10-12	1,15	0,73
Сеноуборка	60-70	50-60	40	60-70	50-60	40	1,15	0,77
Уборка силоса	80-90	40	60-70	80-90	40	60-70	1,2	0,83
Междурядная обработка ³⁾	60-70	-	-	60-70	-	-	1,2	0,86
Внесение удобрений ⁴⁾	70-80	100	60-70	70-80	100	60-70	1,27	0,81
Транспортные работы	40-50	-	-	40-50	-	-	1,15	0,75
Прочие работы	50	40	30	50	40	30	1,15	0,86

¹⁾ при совмещении функций активных рабочих органов и движителей; ²⁾ пневмосеялки; ³⁾ без подкормки; ⁴⁾ выход на частичный режим.

С учётом данных: $\alpha_{\text{тр}}=120$ МДж/кг; $\alpha_{\text{мон}}=10$ МДж/кг; $e_{\text{мон}}=42,7$ МДж/кг; $T_{\Gamma}=1095$ ч; $a=10\%$; $R=14,9\%$, определяем - $\mathcal{E}_{\text{тр}}^{\bar{o}}=107,0$; $\mathcal{E}_{\text{топ}}^{\bar{o}}=885,0$ МДж/ч, представленных в [160].

Полученные значения $\mathcal{E}_{\text{тр}}^{\bar{o}}$ и $\mathcal{E}_{\text{топ}}^{\bar{o}}$ позволяют привести формулу (7.1) с вычислением результата в % к виду:

$$\bar{\Delta}\mathcal{E}_{\text{w}}^{\text{нк}} = 11\left(1 - \frac{a}{c}\right) + 89\left(1 - \frac{b}{c}\right) \quad (7.2)$$

Полученное уравнение (5) для принятых значений отношений сменной производительности и удельного расхода топлива (табл. 1) и масс тракторов позволяет определить относительное снижение полных удельных топливно-энергетических затрат (таблица 7.3) по спектру технологических операций, с учетом средневзвешенных значений годовой занятости $\tau_{\text{г}}$ по отдельным операциям.

Таблица 7.3 – Относительное снижение полных удельных энергозатрат технологических операций

№№ пп	Технологическая операция	Расчетные коэффициенты			Относительное снижение полных удельных энергозатрат, $\Delta\mathcal{E}_{\text{w}}^{\text{п}}$, %	Относительная занятость в году, $\tau_{\text{г}}$, % (Московская обл.)
		a	b	c		
1.	Вспашка	0,62	0,86	1,27	34,3	4,4
2.	Сплошная культивация	0,62	0,86	1,20	30,5	1,5
3.	Сев	0,62	0,73	1,15	37,6	4,7
4.	Сеноуборка	0,62	0,77	1,15	34,5	8,4
5.	Уборка силоса	0,62	0,83	1,20	32,7	2,4
6.	Междурядная обработка	0,62	0,86	1,20	32,0	4,3
7.	Внесение удобрений	0,62	0,81	1,27	37,8	3,9
8.	Транспортные работы	0,62	0,75	1,15	36,1	53,8

Средневзвешенное относительное снижение полных удельных энергоемкости определенное по формуле (7.1), в рассмотренном случае составит: $\bar{\Delta \mathcal{E}}_w^{ПК} = 34,3\%$ (рисунок 7.4).

Представленный на рисунке 7.4 график является общим результатом исследования и рекомендуется для использования при решении проблем повышения энергетической эффективности мобильных энергетических средств.

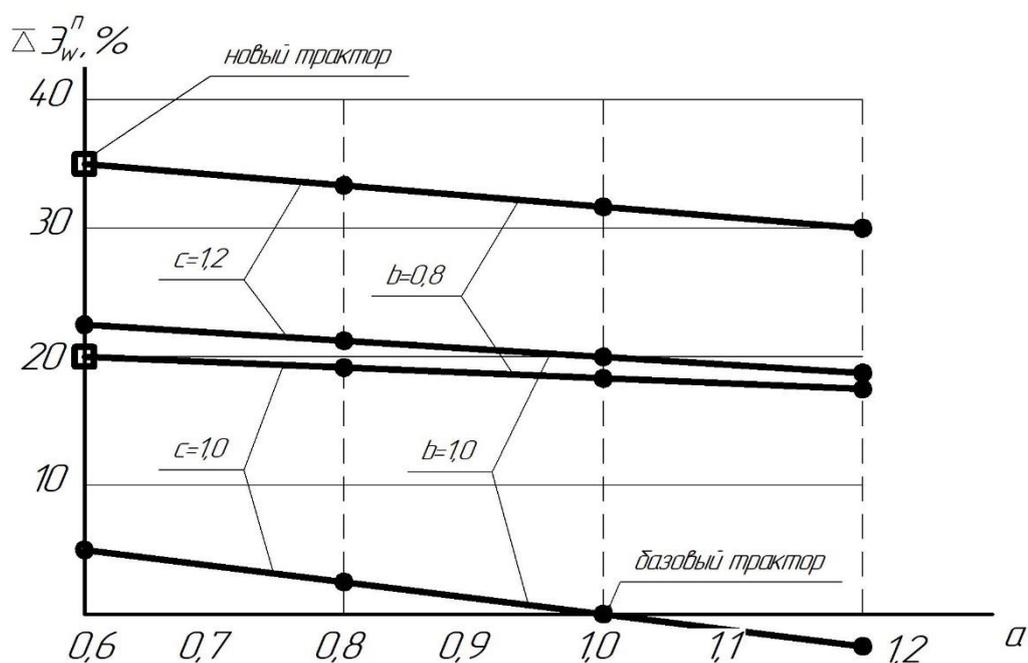


Рисунок 7.4 – Относительное снижение полных удельных топливно-энергетических затрат $\bar{\Delta \mathcal{E}}_w^{ПК}$ в зависимости от повышения производительности c , уменьшения расхода топлива b и уменьшения конструкционной массы a

Таким образом, проведенная по упрощенной методике без определения объемов произведенной продукции оценка показала, что снижение полных удельных энергозатрат выполнения технологических операций новым комплексом машин, включающим машины с активными рабочими органами, совмещающими функции движителей и технологическим модулем, с экологически безопасным трактором класса 1,4 по сравнению с базовым вариантом (трактор «Беларус» 1025) в условиях Московской области составит 34,3% [55, 72, 54].

7.2 Оценка эффективности использования сельскохозяйственных тракторов при двухпараметрической классификации

Из теории оптимизации параметров МТА и МЭС следует, что конкретный МТА обеспечивает наивысшую эффективность (по принятому критерию) в строго определенных природно-производственных условиях. Это предопределяет целесообразность создания в пределах тяговых классов семейств тракторов разной мощности. Определив значения мощности конкретных моделей необходимо установить условия (или границы) их эффективного использования.

В качестве основного критерия эффективного применения тракторов одного тягового класса, но разных мощностных разрядов принимаем удельный (погектарный, $q_{га}$) расход топлива, а дополнительного – сменную производительность ($W_{см}$):

$$q_{га} = f(q_e, N_e, K_з, W_{см}) \rightarrow \min, \quad (7.1)$$

$$W_{см} = f(B_p, V_p, \tau_{см}) \rightarrow \max, \quad (7.2)$$

где q_e – удельный расход топлива;

$N_e, K_з$ – соответственно номинальная эксплуатационная мощность трактора и коэффициент ее использования;

B_p, V_p – рабочие ширина захвата МТА и скорость движения;

$\tau_{см}$ – коэффициент использования времени смены.

Значения критериев оценки определены расчетным методом, по фактической исходной информации, для одинаковых условий. Режим работы МТА определяют путем решения уравнения энергобаланса трактора с технологическим адаптером с учетом допустимого коэффициента загрузки двигателя по моменту и допустимой по агротехническим ограничениям рабочей скорости. Коэффициент использования времени смены рассчитывают по специальной методике. Составляющие баланса времени смены приняты по ГОСТ 24055-2016 «Техники сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки».

Границы эффективного применения тракторов различных мощностных разрядов проведем на примере агрегатов с тракторами БЕЛАРУС 82.1 и БЕЛАРУС 921.3.

Трактор БЕЛАРУС 921.3 отличается от БЕЛАРУС 82.1 большей мощностью, соответственно 75 (6 мощностной разряд) и 60 кВт и массой – 3,9 и 3,8 т.

Расчеты значений $q_{га}$ и $W_{см}$ проведены по отдельной оригинальной программе для типичных в европейской части России полей с длиной гонов 200-300, 400-600 и 600-1000 м. Условия работы МТА характеризуются удельным сопротивлением рабочих машин. К тяжелым отнесены почвы с удельным тяговым сопротивлением на вспашке – 1750 даН/м, средним – 1250 даН/м и легким – 1000 даН/м при средней глубине обработки (вспашка- 22 см).

Результаты расчетов на примере отдельных технологических операций приведены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Границы эффективного применения разных тракторов

Операции	250-300 м		400-600 м		600-1800 м	
	БЕЛАРУС 921.3	БЕЛАРУС 82.1	БЕЛАРУС 921.3	БЕЛАРУС 82.1	БЕЛАРУС 921.3	БЕЛАРУС 82.1
Лущение стерни	Т	Л,С	Т	Л,С	Т	Л,С
Сплошная культивация	С,Т	Л	С,Т	Л,С	С,Т	Л
Вспашка: обычная гладкая	С,Т	Л	С,Т	Л	С,Т	Л
	С,Т	Л,С	С,Т	Л,С	С,Т	Л
Боронование	Т	Л,С	С,Т	Л	С,Т	Л
Посев зерновых		Л,С,Т		Л,С,Т	Т	Л, С,Т
Междурядная обработка кукурузы		Л, С,Т		Л,С,Т		Л,С,Т
Уборка кукурузы на силос	Л,С,Т		Л,С,Т		Л,С,Т	

Л – легкие условия работы; С – средние; Т – тяжелые.

Выполненные расчеты показывают, что, например, при вспашке обычным отвальным трехкорпусным плугом легких (до 0,4 кгс/см²) почв во всем диапазоне длин гонов несколько эффективнее агрегаты с БЕЛАРУС 82.1. Они на 4% экономичнее при снижении производительности на 10%. На средних и тяжелых почвах по всем показателям преимущества у агрегатов с тракторами БЕЛАРУС 921.3.

На междурядной обработке кукурузы, где рабочие скорости ограничены 9 км/ч, агрегаты с трактором при одинаковой производительности экономичнее, чем с БЕЛАРУС 921.3.

На других операциях также прослеживается отмеченная закономерность – для каждого вида работ в конкретных природно-производственных условиях существует наименее энергоемкий агрегат с трактором определенного класса и мощностного разряда.

Сравнительные показатели эффективности использования агрегатов с тракторами кл. 1,4 – БЕЛАРУС 82.1 и БЕЛАРУС 921.3 на основном для данного тягового класса комплексе работ показаны в таблице 7.5.

Таблица 7.5 – Сравнительные показатели эффективности использования агрегатов с тракторами БЕЛАРУС 82.1 и БЕЛАРУС 921.3 в различных условиях

Наименование операции	Почвенные условия				Код операции
	средние		легкие		
	$W_{см}, \text{га/ч}$	$Q_{га}, \text{кг/га}$	$W_{см}, \text{га/ч}$	$Q_{га}, \text{кг/га}$	
1	2	3	4	5	6
Лушение	-0,44	0,06	0	0,11	15
Боронование	0,24	0,09	0,62	0,14	3
Посев зерновых	-0,07	0,16	0	0,17	5
Посадка картофеля	0	0,14	0	0,14	6
Посев: кукурузы	-0,81	0,06	-0,54	0,06	4
сах. свеклы	0	0,16	0	0,17	7
МРО кукурузы	0	0,20	0	0,20	14
Прореживание сах. свеклы	0	0,17	0	0,17	8
МРО сахарной свеклы	0	0,15	0	0,17	11
Окучивание картофеля	0	0,21	0	0,21	10
Опрыскивание	-1,72	-0,03	-1,72	-0,03	-
Внесение: м/у	0,43	0,05	0,43	0,06	1
о/у	-0,15	-0,06	-0,15	-0,06	-

Продолжение таблицы 7.5

1	2	3	4	5	6
Скашивание: 2 бр.	0	0,15	0	0,15	12
1 бр.	0	0,24	0	0,24	
типа КРН	0	0,17	0	0,19	
Уборка картофеля:					16
КСТ-1,4А	0	0,30	0	0,30	
КТН-2Б	0	0,48	0	0,48	
Сгребание трав	-0,73	-0,05	-0,26	0,07	13
Уборка: кукурузы	-0,29	-0,39	-0,29	-0,39	-
на силос					
ботвы	0,49	0	-0,49	0	17
Прессование сена	-0,12	-0,43	-0,12	-0,43	-
Вспашка: обычная	-0,15	0,16	-0,07	0,40	2
гладкая	-0,15	-0,05	-0,10	0,23	-
Сплошная культивация	-0,59	0,10	-0,22	0,12	9

Знак (-) в таблице 7.5 означает, что показатель МТА с трактором БЕЛАРУС 82.1 хуже, чем с БЕЛАРУС 921.3, а без знака минус одинаковые или лучшие показатели трактора. Данные приведены для полей с длиной гона 400-600 м для средних и легких почвенных условий. Они показывают «выгодные» и «невыгодные» операции для агрегатов с трактором БЕЛАРУС 82.1, а также изменение эффективности разных тракторов в зависимости от почвенных условий.

В тяжелых полевых условиях агрегаты с БЕЛАРУС 921.3 более эффективны.

Установлено, что каждый трактор можно рационально загрузить в течение всего сезона полевых работ.

В этом случае применение трактора БЕЛАРУС 82.1 вместо БЕЛАРУС 921.3 в средних и легких условиях позволяет экономить 0,5-0,6 т топлива в год.

7.3 Оценка недобора и потерь сельскохозяйственной продукции при дефиците сельскохозяйственных тракторов

Эффективность применения методики определения технологической потребности в сельскохозяйственных тракторах представлена как сопоставление рассчитанной технологической потребности и реального парка тракторов в виде потерь и недобора урожая, связанного с существующим дефицитом тракторов и зерноуборочных комбайнов в парке, на примере отрасли растениеводства агропромышленного комплекса Калужской области [167].

Потери и недобор сельскохозяйственной продукции рассчитаны по методике [34], исходными данными для расчета послужили: средняя урожайность за период 2018-2022 гг. – 28,6 ц/га, посевная площадь – 89010 га, обработанная информация о наличии и рассчитанная нормативная потребность в технике [168], нормативная продолжительность выполнения технологических операций, рассчитанная реальная продолжительность выполнения технологической операции, динамика потерь и недобора урожая в зависимости от нарушения начала и продолжительности агросрока.

В таблице 7.6 представлены данные о наличии и потребности, полученные в ходе расчетов по всем видам техники.

Таблица 7.6 – Нормативная и фактическая потребность в самоходной и прицепной техники МСХ КО

Назначение	Наименование	Норматив на 1000 га, в эт. ед.	Потребность, эт.ед.		Коэф. перевода в физ. ед.	Потребность, физ.ед.		Наличие, физ.ед. 6 МЕХ			Обеспеченность, %	
			СХО	КФХ		СХО	КФХ	СХО	КФХ	МТС	СХО	КФХ
Мобильные энергосредства	Колесные	8,6	1979	498	1,12	2595	648	1536	403	50	59	62
	Гусеничные	1,5	345	86	1,11							
Уборочные машины	Зерноуборочные комбайны	7,5 Vector-410	631	135	1,15	726	155	176	40	19	24	26
	Кормоуборочные комбайны	5,6 Дон-680М	497	58	1,15	572	67	123	18		21	26
Почвообработка, посев, внесение удобрений	Плуги	5,5	1266	319	1,15	1456	367	354	181		24	49
	Культиваторы	4,1	943	237				303	146	1		
	Сеялки	7,1	521	111				281	94	3		
Кормовые	Косилки	9,8	225	0	1,3	293	0	284	89	4	101	0
	Грабли	6,1	140	0	1,3	182	0	161	64	2	115	0
	Прессподборщики	1,1	25	0	1,3	32	0	180	72	1	13	0
	Комбайны	15,4	9	7		12	10	16	16	-	105	115

Исходя из научного опыта работы специалистов КНИИСХ в растениеводстве, установлена оптимальная продолжительность основных видов сельскохозяйственных работ (таблица 7.7).

Таблица 7.7 – Оптимальная продолжительность основных видов сельскохозяйственных работ в растениеводстве для Калужской области, дней

Обработка почвы			
Ранневесеннее боронование	Предпосевная подготовка почвы	Подъем ранних паров и весенняя обработка почвы	Основная обработка почвы
7	3	10	15
Посев			
Озимые	Ранние зерновые	Зернобобовые	Кукуруза на зерно (плющенное)
10-15	10	10	5
Посев технических и масленичных культур			
Лен-долгунец	Соя	-	-
5	5	-	-
Посев кормовых культур, посадка картофеля			
Кукуруза на силос	Однолетние травы	Многолетние травы	Картофель
15 (в несколько сроков сева)	5 (в несколько сроков сева)	4	10
Междурядная обработка посевов			
Кукуруза на силос	Картофель	Кукуруза на зерно	-
4	5	5	-
Уборка			
Зерновые колосовые	Кукуруза на силос,	Лен	Многолетние травы
10	10	10	10
Однолетние травы	Картофель	Кукуруза на зерно	-
7	15	10	-
Химическая защита			
Химическая защита от вредителей и болезней			Химическая защита от сорняков
Зерновые	Картофель	Кукуруза	
3	3	4	3
Внесение удобрений			
Органические		Минеральные	
весна	осень	весна	осень
15	15	10	15

Обработка и анализ материалов, полученных от хозяйств Калужской области и анализа данных литературных источников [34], по потерям урожая от нарушения нормативных агросроков проведения сельскохозяйственных работ позволили с помощью методов математической статистики получить следующие зависимости, представленные в таблице 7.8.

Таблица 7.8 – Аппроксимированные зависимости недобора и потерь урожая основных культур (Δy) от продолжительности проведения сельскохозяйственных операций (x)

Культура	операция	Вероятностная зависимость
Картофель	посев	$\Delta y = -0,0143x^2 + 0,7057x + 2,46$
	уборка	$\Delta y = 0,0144x^2 + 0,3574x + 4,25$
Ячмень	уборка	$\Delta y = 0,0057x^2 + 0,5387x + 2,7183$
	посев	$\Delta y = 0,036x^2 + 0,8205x + 3,591$
Озимая пшеница	уборка	$\Delta y = 0,0053x^2 + 0,372x + 2,53$
	посев	$\Delta y = 0,0144x^2 + 0,5574x + 2,69$
Многолетние травы	уборка	$\Delta y = 0,0144x^2 + 0,6411x + 3,01$
Кукуруза на силос	уборка	$\Delta y = 0,0003x^2 + 0,0036x + 0,0093$

Исходные данные и результаты расчета представлены в таблице 7.9.

Таблица 7.9 – Недобор и потери сельскохозяйственной продукции, связанной с дефицитом техники

Показатель	Наименование блока			
	Основная обработка	Предпосевная обработка	Посев	Уборка
Нормативная продолжительность, дн	15	4	4	10
Фактическая продолжительность, дн	17	7	6	14
Динамика потерь, %	$\Delta y_{oo}=f(T_{oo})$	$\Delta y_{по}=f(T_{по})$	$\Delta y_{п}=f(T_{п})$	$\Delta y_{у}=f(T_{у})$
Производственная урожайность	$Y_{oo}=Y_{д}-Y_{д}*\Delta y_{oo}$	$Y_{по}=Y_{oo}-Y_{oo}*\Delta y_{по}$	$Y_{п}=Y_{по}-Y_{по}*\Delta y_{п}$	$Y_{у}=Y_{п}-Y_{п}*\Delta y_{у}$
Потери и недобор, ц/га	0,14	1,11	1,21	1,97
Урожайность, ц/га	32,89	31,78	30,57	28,60

Производственная урожайность, получена путем уменьшения действительной урожайности на первой операции, а затем последующих, взятых за базу, на величину недобора и потерь урожая на каждой последующей технологической операции, а не разница между действительной урожайностью и суммой всех недобора и потерь на каждой технологической операции.

Действительная урожайность составила – 33,03 ц/га, потери и недобор урожая, связанные с нарушением агросроков составил 4,43 ц/га.

Рассчитаны общие недобор и потери урожая, связанные с дефицитом технических средств в напряженные периоды сельскохозяйственных работ, он составил 39 431,43 тонны.

С учетом цены реализации зерновых и зернобобовых за 2022 г. – 1291,53 руб./ц, общие годовые недобор и потери в стоимостном выражении составили 509,27 млн руб.

Выводы по главе 7

1. Проведенная оценка показала, что снижение полных удельных энергозатрат выполнения технологических операций новым комплексом машин, включающим машины с активными рабочими органами, с экологически безопасным трактором класса 1,4, за счет уменьшения конструкционной массы и уменьшения расхода топлива при возможном повышении производительности машинно-тракторных агрегатов на базе этого трактора по сравнению с базовым вариантом (трактор «Беларус» 1025) в условиях Московской области составит 34,3%.

2. Проведенные расчеты по оценке эффективности разработанного типажа на примере тракторов тягового класса 1,4: БЕЛАРУС 921 и БЕЛАРУС 82.1, но разных мощностных разрядов, показали возможность снижения удельного расхода топлива от 4 до 6 % и повышение производительности от 5 до 7% на различных технологических операциях и в различных почвенно-климатических условиях.

3. Эффективность применения методики определения технологической потребности в сельскохозяйственных тракторах и системы мониторинга машинно-тракторного парка представлена в виде недобора и потерь урожая от дефицита реального парка по сравнению с расчетным. В результате проведенных расчетов на примере отрасли растениеводства агропромышленного комплекса Калужской области, определили годовые

недобор и потери урожая, который в стоимостном выражении составили 509,27 млн руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ состояния проблемы развития тракторного парка во взаимодействии с пашней и трудовым потенциалом показал, что за период 1990-2023 гг. в сельскохозяйственных организациях России произошло устойчивое сокращение всех видов ресурсов (тракторного парка на 85 %, площади пашни на 46,6%, рабочих мест на 86%), характеризующее суженый тип воспроизводства. Установлено, что существующий государственный мониторинг не отражает реального состояния парка, так на основании разработанной базы данных выявлено, что в 2023 г. 60% тракторов в парке эксплуатируются за сроком амортизации в условиях дефицита. Существующие методы оптимизации состава МТП не применимы в условиях суженого воспроизводства.

2. Разработанная методология развития системы мобильных энергетических средств как технической системы, состоящей из четырех уровней и являющейся базовым элементом механизированного сельхозпроизводства, позволяет выделить приоритетные проблемы развития трактора, как технического субъекта построения типажа тракторов, определения технологической потребности в тракторах и формирования реального состояния тракторного парка, а также раскрыть внутренние для механизированного сельхозпроизводства связи по взаимодействию тракторного парка с площадью пашни и трудовым потенциалом.

3. Разработанное технологическое направление развития сельскохозяйственных мобильных энергетических средств на основе цифровизации заключается в повышении энергоэффективности и экологической безопасности в полном жизненном цикле за счет уменьшения конструкционной массы, расхода топлива и повышения производительности и включает примеры разработки исходных требований на семейства блочно-модульных энергетических средств класса 0,6-0,9 и колесно-гусеничных экологически безопасных тракторов классов 1,4 и 2-3, обеспечивающих за

счет реализации агрофильной концепции: снижение давления ходовых систем на почву до допустимых значений, при увеличении коэффициента сцепного веса до 0,5 для колесных и 0,7 для гусеничных тракторов, что позволяет с учетом повышения энергонасыщенности до 2,6 кВт/кН, снизить общие затраты энергии на выполнение единицы полезной работы в 1,3-1,5 раза при соблюдении требований экологической безопасности во всем спектре выполняемых работ.

Разработанная теория трактора при его работе как модульного энерготехнологического средства позволяет определить максимальное значение КПД ходовой части 0,75 при кинематическом несоответствии первого 1,06...1,08, и третьего 1,02...1,06 относительно второго.

4. Разработанная двухпараметрическая классификация типажа сельскохозяйственных тракторов содержит 11 тяговых классов с регламентированным по ГОСТ 27021-86 (кроме 0,1) номинальным тяговым усилием на стерне колосовых культур, сочетаемых с 12 мощностными рядами в диапазоне от 3 до 400 кВт. С целью гармонизации с общеевропейскими и ОЭСР требованиями дополнена рекомендациями по согласованию с соответствующими стандартами ИСО и CODE 2. Позволяет в условиях развития рынка сельскохозяйственных машин с активными рабочими органами на 12-15% повысить эффективность машинно-тракторных агрегатов при выполнении соответствующих технологических операций.

5. Разработанная методика определения потребности в сельскохозяйственных тракторах позволяет провести научно-обоснованные расчеты количественного состава тракторного парка, обеспечивающего выполнение всех технологических операций производства растениеводческой продукции в оптимальные агросроки – 900 000 эт. тр. на площади пашни 90 млн га.

6. Разработанная методика оптимизации количественно-возрастного состава тракторного парка, базирующаяся на принципе разделения затрат на связанные с использованием тракторов до срока амортизации и сверх срока

амортизации, позволяет на основании раскрытых закономерностей взаимодействия ресурсных составляющих механизированного сельхозпроизводства минимизировать совокупные затраты, учитывающие расходы на использование тракторов, работающих сверх срока амортизации (влияние возраста трактора на расход топлива, затраты на ТОР и коэффициент технической готовности), а также потери продукции машинных технологий, связанные с ресурсными характеристиками тракторного парка (возраст, количество, тракторосооруженность). Проведенные расчеты для АПК РБ позволили определить на основе критерия минимума совокупных затрат оптимальный количественно-возрастной состав тракторного парка в количестве 10 539 тракторов с максимальным возрастом 30 лет.

7. Экономическая эффективность реализации научно-обоснованных основ развития системы мобильных энергетических средств составила:

- при сравнительной оценке технологического направления развития конструкции трактора – снижение энергетических затрат на 34%.

- при оценке эффективности разработанного типажа – снижение удельного расхода топлива от 4 до 6 % и повышение производительности от 5 до 7% на различных технологических операциях при агрегатировании сельхозмашин тракторами одного тягового класса, но разных мощностных рядов;

- при оценке разработанной методики определения нормативной потребности и системы мониторинга машинно-тракторного парка – снижение потерь и недобора урожая 10-15% на различных технологических операциях при сопоставлении технологически необходимого и реального парка сельскохозяйственной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельское хозяйство в России. 2023: Стат.сб./Росстат. – М., 2023. – 104 с.
2. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года: В 8 т./Федеральная служба гос. статистики. М.: ИИЦ «Статистика России», 2018. – 526 с.
3. Россия в цифрах. 2021: Крат.стат.сб./Росстат – М., 2021 – 275 с.
4. Импорт и экспорт сельскохозяйственной техники в Российской Федерации. Ежемесячный информационный бюллетень. – М.: Российская ассоциация производителей специализированной техники и оборудования Союз производителей сельскохозяйственной техники и оборудования АПК «РОССПЕЦМАШ», вып. 12, 2023. – 60 с.
5. Аналитический обзор. Производство автомобильной, тракторной, сельскохозяйственной техники и компонентов к ней производителями России и других стран СНГ. – М.: ОАО «АСМ-холдинг», № 12, 2023. – 191 с.
6. Конкин Ю.А. Проблемы и закономерности воспроизводства сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. – 2013. – №9 (195), С. 2-6.
7. Веденянин Г.В., Киртбая Ю.К., Сергеев М.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: «Колос», 1968. – 344 с.
8. Селиванов А.И. Основы теории старения машин. – М.: «Машиностроение», 1970. – 408 с.
9. Мурашев А.Д. Методы оптимального проектирования сельскохозяйственных процессов. – М.: Московская ордена В.И. Ленина сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, 1962. – 267 с.
10. Косачев Г.Г. Экономическая оценка сельскохозяйственной техники. – М.: «Колос», 1978. – 240 с.
11. Donaldson G.F. Factors influencing on farm mechanization / G.F. Donaldson // Farm mechanization and buildings. – 1967. № 1, 2, 3.

12. Стопалов С.Г., Лернер М.И., Силина М.И., Татищева О.К. Анализ и пути повышения сроков службы сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельскохозяйственное машиностроение. Серия 1 Тракторы и двигатели. – М.: ЦНИИТЭИ-тракторосельхозмаш, вып. 3, 1985. – 57 с.
13. Консон А.С. Экономика ремонта машин. – М.: Машгиз, 1960. – 235 с.
14. Артемьев Ю.Н., Рейбман Н.С. О средних сроках службы деталей тракторов и поправочных коэффициентах для областей (краев) и республик. – М.: ГОСНИТИ. – 1956. – № 4.
15. Репин С.В., Рулис К.В., Зазыкин А.В., Ховалыг Н.К., Антоненко И.Н. Управление сроками службы машин и эксплуатации с помощью информационной автоматизированной системы // Вестник гражданских инженеров. – 2009. – № 1 (18). – С. 85-94.
16. Методика разработки нормативов сроков службы тракторов и зерноуборочных комбайнов в сельском хозяйстве. – М.: Госплан СССР, Минсельхоз СССР, 1982.
17. Чутчева Ю.В. Управление процессом воспроизводства сельскохозяйственной техники в аграрном производстве: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук. – Москва, 2012. – 44 с.
18. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве. Сборник Минсельхоз РФ. – М.: ФГНУ «Росинформагртех», 2008. – 315 с.
19. ГОСТ 34393-2018 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Стандартинформ, 2018. – 12 с.
20. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (МТС), Минсельхоз РФ. – М.: ФГНУ «Росинформагртех», 2001. – 190 с.
21. Эффективность сельскохозяйственного производства (методические рекомендации) / Под ред. И.С. Сандау, В.А. Свободина, В.И. Нечаева, М.В.

Косолаповой, В.Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ Росинформагротех, 2013. – 228 с.

22. Методика проектирования оптимального машинно-тракторного парка колхозов и совхозов. – Новосибирск: СибИМЭ. 1970.

23. Мухина В.А. Методика определения потребности сельскохозяйственных предприятий в технике. – Омск, 1971. – 32 с.

24. Единая методика экономического обоснования оптимальной потребности в сельскохозяйственной технике. – М.: ВНИИЭСХ, 1972. – 42 с.

25. Маслов В.А. О критериях оптимальности при расчете состава МТП в условиях Западной Сибири. – Науч. труды. – Новосибирск: СибИМЭ. – вып. 11, Ч. 2. – 1976. – С. 47-54.

26. Финн Э.А., Шкурба В.В., Комзакова Л.Н. Расчет машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий на ЭВМ. – Киев, Наукова Думка, 1986. – 166 с.

27. Браславец М.Е. Экономико-математические методы в организации и планировании сельскохозяйственного производства. – М.: Экономика, 1971. – 358 с.

28. Хабатов Р.Ш. Модель и алгоритм состава МТП и продолжительности технологических операций в растениеводстве. – Киев: ВЦ Госплана УССР. – 1967. – 32 с.

29. Ксенович И.П., Гуськов В.В., Скойбеда А.Т., Яцкевич В.В. Основы методики расчета параметров МТА по критерию эффективности труда // Тракторы и сельхозмашины. – 1979. – № 2. – С. 10-12.

30. Шевцов В.Г. Социально-трудовые аспекты развития структуры и количественного состава сельскохозяйственного тракторного парка России. – Науч. труды. Т. 139. – М.: ВИМ, 2002. – С. 18-23.

31. Хабатов Р.Ш., Вуколов М.В. Теоретические основы и алгоритмы оптимизации машинно-тракторного парка. Земледельческая механика в растениеводстве: Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Том 6. – М.: ВИМ, 2002. – С. 32-40.

32. Жалнин Э.В. Автоматизированная система формирования агротехнологий и оптимизации состава машинно-тракторного парка хозяйства (АСФАТ МТП): Рекомендации по практическому применению компьютерных программ / Э.В. Жалнин, А.Д. Мурашев, В.И. Буланец. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1999. – 98 с.

33. Грязнова А.Г., Федотова М.А. Оценка бизнеса. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 504 с.

34. Лавров А.В. Оптимизация количественно-возрастного состава тракторного парка хозяйства как системы с ограниченным ресурсом: Дис. канд. техн. наук. – М.: ВИМ, 2013. – 267 с.

35. Зубина В.А. Обоснование формирования гармоничного тракторного парка сельскохозяйственных организаций при минимизации потерь сельскохозяйственной продукции: специальность 05.02.13 "Машины, агрегаты и процессы (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Зубина Валерия Александровна, 2020. – 155 с.

36. Измайлов А.Ю., Елизаров В.П., Антышев Н.М., Лобачевский Я.П., Шевцов В.Г., Кряжков В.М., Соловейчик А.А., Лавров А.В., Селезнева Е.П., Гурылев Г.С., Русанов А.В., Соловейчик В.Д., Лазаренко Л.М., Сизов О.А., Савельев Г.С. 09.01.05.01 Провести исследования и разработать Концепцию развития сельскохозяйственных тракторов и тракторного парка России на период до 2020 года: Отчет о НИР. – М.: ГНУ ВИМ. – 2012.

37. Львов Е.Д. Теория трактора. – М.: Машгиз, 1960. – 252 с.

38. Гуськов В.В., Сычев В.В. Тракторы. Теория. – Минск: Высшая школа. – 1977. – 384 с.

39. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства: учебник – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 506 с.

40. Ксенович И.П., Шарипов В.М., Арустамов Л.Х., Безруков Б.Б., Давыдков Б.Н. и др. Тракторы. Конструкция / под общ. ред. И.П. Ксеновича. – М.: Машиностроение, 2000. – 821 с.

41. Ксенович И.П., Орстик Л.С., Шевцов В.Г. Концепция непрерывной информационной поддержки жизненного цикла (CALS-технологии) сельскохозяйственных мобильных энергетических средств: монография. – М.: ФГНУ «Информагротех», 2004. – 142 с.

42. Годжаев З.А., Лавров А.В., Сенькевич С.Е., Федоткин Р.С., Годжаев Т.З., Шевцов В.Г., Русанов А.В., Крюковская Н.С., Зубина В.А., Кузьмин В.А., Овчинников Е.В., Уютов С.Ю., Трубицин А.В., др. 0581-2019-0010 Разработать систему мобильных энергетических и транспортно-технологических средств для цифрового сельского хозяйства // отчет о НИР / ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, рук. Годжаев З.А. М., 2020.

43. Антышев Н.М., Шевцов В.Г. Научные основы построения мобильных энергетических средств. Агроинженерная наука России: становление, современное состояние, стратегия развития. – М: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – С. 393-414.

44. Ксенович И.П., Гоберман В.А., Гоберман Л.А. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия. Наземные тягово-транспортные системы. Том 1. Введение в теорию и методологию исследования наземных тягово-транспортных систем / Под общ. ред. И.П. Ксеновича. – М.: Машиностроение, 2003. – 743 с.

45. Ксенович И.П., Гоберман В.А., Гоберман Л.А. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия. Том 2. Аспекты технико-экономического и экологического проектирования и конструирования наземных тягово-транспортных систем. / Под общ. ред. И.П. Ксеновича. – М.: Машиностроение, 2003. – 878 с.

46. Ксенович И.П., Гоберман В.А., Гоберман Л.А. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия. Том 3. Техничко-экономические основы проектирования машин и процессов. Методологические аспекты управления проектной деятельностью и принятия решений / Под общ. ред. И.П. Ксеновича. – М.: Машиностроение, 2003. – 787 с.

47. Щельцын Н.А. НАТИ – роль и место в истории отечественного тракторостроения // Приводная техника. – 2005. – № 6. – С. 2-14.

48. Шевцов В.Г., Русанов В.А., Бычков Н.И., Савельев Г.С., Шапкайтц А.Д. История развития мобильных энергетических средств для растениеводства. ВИМ: История механизации (1930-2005 гг.). – М.: Издательство ВИМ, 2005. – С. 61-110.

49. Хакимов Р.Т. Повышение энергоэффективности автотракторной техники на основе совершенствования топливной системы газового двигателя: специальность 05.20.03 "Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Хакимов Рамиль Тагирович, 2019. – 305 с.

50. Шевцов В.Г. Исследование влияния динамики разгона колесного трактора класса 50 кН на его рациональное агрегатирование на транспортных работах: Дисс. канд. техн. наук. – М.: ВИМ, 1974. – 177 с.

51. Липкович Э.И., Бершицкий Ю.И., Рыков В.В., Камбулов И.А., Богданович В.П. Методические основы расчета и создания мобильных технологических агрегатов. – Ростов н/Д: ООО «Терра»; НПК «Гефест», 2002. – 200 с.

52. Ксеневиц И.П. Стратегия развития сельскохозяйственных тракторов: проблемы теории и прикладной механики. // Приводная техника. – 2003. – № 6. – С. 2-15.

53. Matching the Traction Qualities of Agricultural Mobile Power Vehicles with the Permissible Maximum Pressure on the Soil / A. V. Lavrov, V. G. Shevtsov, A. V. Rusanov, V. A. Kazakova // Agricultural Machinery and Technologies. – 2020. – Vol. 14, No. 3. – P. 9-14.

54. О выборе технологического направления развития системы сельскохозяйственных мобильных энергосредств / З. А. Годжаев, А. В. Лавров, В. Г. Шевцов, В. А. Зубина // Известия МГТУ МАМИ. – 2020. – № 1(43). – С. 35-41.

55. Концепция создания семейства сельскохозяйственных мобильных энергосредств с комплексами адаптивных машин и агрегатов до 2030 года / З. А. Годжаев, В. Г. Шевцов, А. Ю. Измайлов [и др.]. – Москва: Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 2024. – 86 с.

56. Годжаев З.А., Лавров А.В., Сенькевич С.Е., Федоткин Р.С., Годжаев Т.З., Зубина В.А., Кузьмин В.А., Русанов А.В., Алексеев И.С., Ильченко Е.Н., Павлюченко М.А., Чобырка О.В., Малахов И.С., Крючков В.А., Овчаренко А.С., Овчинников Е.В., Уютов С.Ю., Федоткина А.А., Уянаев Ю.Х., Трубицин А.В., др. 0581-2019-0010 Разработка системы мобильных энергетических и транспортно-технологических средств для цифрового сельского хозяйства // отчет о НИР / ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, рук. Годжаев З.А. М., 2021.

57. Сельскохозяйственный тракторный парк как объект цифровизации / З.А. Годжаев, В.Г. Шевцов, А.В. Лавров, В.А. Зубина // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. – № 4(33). – С. 88-96.

58. Систематизация элементов автоматизации, применяемых в сельскохозяйственных тракторах / А. В. Лавров, В. А. Зубина // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 4. – С. 94-97.

59. Обоснование требований на мобильное энергетическое средство класса 0,6-0,9 / А. В. Лавров, В. Г. Шевцов, В. А. Зубина, А. В. Русанов // Технический сервис машин. – 2020. – № 3(140). – С. 57-66.

60. Initial requirements for agricultural universal block-modular energy device of traction class 0.6 / A. Lavrov, A. Gulyaev, S. Popov [et al.] // E3S Web of Conferences, Sevastopol, 07–11 сентября 2020 года. – Sevastopol, 2020. – P. 01034

61. Lavrov, A. Justification of the requirements for an environmentally safety mobile power unit of class 1.4-2.0 / A. Lavrov // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 285. – P. 07016.

62. Годжаев З.А., Лавров А.В., Савельев Г.С., Федоткин Р.С., Сапьян Ю.Н., Шевцов В.Г., Ксенович Т.И., Сенькевич С.Е., Русанов А.В., Годжаев

Т.З., Крюковская Н.С., Зубина В.А., Кузьмин В.А., Погожина А.М., Ерилина Е.В., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В., Уютов С.Ю., Трубицин А.В., Сулейманов М.И. и др. / Отчет о научно-исследовательской работе 10.9.03-2018 Провести теоретические и экспериментальные исследования по созданию мобильных универсально-пропашных и транспортных энергосредств нового поколения класса 0,9; 2; 3 с высокоэффективными силовыми установками, приводами и ходовыми системами по теме 10.9.03 Разработка системы универсальных мобильных энергетических и транспортно-технологических комплексов для сельскохозяйственного производства // отчет о НИР / ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, рук. Годжаев З.А. М., 2018.

63. И.П. Ксенович, О.Н. Дидманидзе, Л.С. Орлик Концепция непрерывной информационной поддержки жизненного цикла (CALS-технологии) сельскохозяйственных мобильных энергетических средств. Учебное пособие. – М.: МГАУ, 2003. 144 с.

64. Бейлис В.М., Московский М.Н., Лавров А.В. Инновационная система машинно-технологического обеспечения фермерских хозяйств, селекционных и семеноводческих организаций: моногр. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 288 с.

65. Сидорова А.В., Лавров А.В., Сидоров М.В. Концепция применения энергонасыщенных тракторов как модульных универсальных энерготехнологических средств // Тракторы и сельхозмашины. – 2023. – Т. 90, № 5. – С. 413-422.

66. Карпов М.А., Лавров А.В., Сидоров М.В., Сидорова А.В. Транспортно-технологический модуль с электроприводом колес // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2023. – Т. 70, № 3(52). – С. 103-108.

67. Патент № 2787059 С1 Российская Федерация, МПК В62D 59/02, В62D 53/04, В62D 53/12. Модульное энерготехнологическое средство: № 2022105151: заявл. 25.02.2022 опубл. 28.12.2022 / А.В. Лавров, А.И.

Пономарев, М.В. Сидоров [и др.]; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственный центр "Калугатрактсельмаш".

68. Лавров А.В., Воронин В.А., Сидоров М.В., Пехальский И.А. Тяговый расчет модульного энерготехнологического средства с учетом кинематического несоответствия привода ведущих осей // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – Т. 16, № 2. – С. 30-36.

69. Calculation of engine power for a tractor of traction class 1.4 with a technological module / M. Sidorov, A. Lavrov, V. Voronin, A. Sidorova // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 285. – P. 07015.

70. Сидоров М.В., Лавров А.В., Воронин В.А., Сидорова А.В. Мощность двигателя трактора, оснащенного технологическим модулем // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15, № 2. – С. 33-40.

71. Сидоров М.В., Лавров А.В., Воронин В.А. Модульно-технологическая схема для тракторов тягового класса 1,4 // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2019. – № 4(37). – С. 57-62.

72. Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Савельев Г.С., Лавров А.В., Гурылев Г.С., Ксенович Т.И., Марченко О.С., Пономарев А.Г., Михеев В.В., Федоткин Р.С., Крючков В.А., Крюков М.Л., Наумов Ю.Н., Русанов А.В., Овчаренко А.С., Кузьмин В.А., Зубина В.А., Богданов К.А., Волков П.И, Ерилина Е.В. и др. / 10.9.04. Разработка системы инновационных энергоэффективных мобильных транспортно-технологических средств для сельскохозяйственного производства // отчет о НИР / ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, рук. Годжаев З.А. М., 2017.

73. Исследование давления колесного движителя на почву с учетом характеристики шины / З. А. Годжаев, А. Ю. Измайлов, В. Г. Шевцов [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. – № 1. – С. 5-10.

74. Бидерман Л.В., Гуслицер, Р.Л., Захаров С.П. Автомобильные шины. – М.: Госхимиздат, 1963. – 384 с.

75. Шевцов В.Г., Соловейчик А.А., Русанов А.В., Лавров А.В. Использование универсальной характеристики шины для определения максимального давления колесного движителя на почву // Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика: Сб. научн. тр. по мат. Междунар. заочно науч.-практ. конф. № 2, ч. 2(7-2). – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2014. – С. 169-173.

76. Ксеневич И.П., Скотников В.А., Ляско М.И. Ходовая система – почва – урожая. – М: Агропромиздат, 1985. – 384 с.

77. ГОСТ 26953-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву». Дата введения 01.01.1987.

78. Кряжков В.М., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С., Лавров А.В. Анализ рынка сельскохозяйственных тракторов России в 2008-2013 гг. // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 5. – С. 12-16.

79. ГОСТ 7463-2003 «Шины пневматические для тракторов и сельскохозяйственных машин. Технические условия». Дата введения 01.01.2005. Дата последнего изменения: 23.06.2009.

80. ГОСТ 26955-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву». Дата введения 01.01.1987.

81. Кутьков Г.М. Трактора и автомобили. Теория и технологические свойства: Учеб. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 506 с.

82. Кутьков Г.М. Развитие технической концепции трактора. // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – №1. – С. 27-35.

83. Evaluation of the Technical Level of Modern Agricultural Tractors Represented in the Russian Market / A. Izmailov, V. Shevtsov, A. Lavrov [et al.] // SAE Technical Papers. – 2018. – Vol. 2018-April. – P. 01724720.

84. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения– М., ВИМ, 1998. – 368 с.

85. Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Елизаров В.П., Келлер Н.Д., Лобачевский Я.П., Сорокин Н.Т., Гурылев Г.С., Савельев Г.С., Сизов О.А., Шевцов В.Г. Концепция модернизации парка

сельскохозяйственных тракторов России на период до 2020 года. – М.: ФГБНУ ВИМ, 2013. – 87 с.

86. Application of the Universal Tire Characteristic for Estimating the Maximum Pressure of a Pneumatic Tractor Wheel on the Ground / A.Yu. Izmailov, V.G. Shevtsov, A.V. Lavrov [et al.] // SAE Technical Papers. – 2015. – Vol. 2015-September.

87. Научно-инженерные основы реализации стратегии развития мобильной сельскохозяйственной энергетики. Избранные вопросы научного наследия академика И.П. Ксеновича / Составитель Шевцов В.Г. М.: ВИМ, 2009.

88. Мясников А.С., Фомин С.Д., Гапич Д.С. Сравнительный анализ результатов полевых испытаний опорной проходимости экспериментального транспортного средства // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 1(73). – С. 392-403.

89. Гончаренко С.В., Поповский А.А., Годжаев З.А. [и др.] Идентификация тракторных шин по тяговому классу // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 4. – С. 25-29.

90. Шевцов В.Г., Годжаев Т.З., Ерилина Е.В. Перспективы развития сельскохозяйственных мобильных энергосредств // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 3. – С. 25-31.

91 Липкань А.В., Панасюк А.Н., Годжаев З.А. [и др.] Оценка способов экспериментально-аналитического определения контурной площади пятна контакта пневмошины с опорным основанием // Тракторы и сельхозмашины. – 2021. – Т. 88, № 1. – С. 40-50.

92. Отчет о научно-исследовательской работы Проведение исследований для определения условий рационального агрегатирования гусеничного трактора класса 5-6 с сельскохозяйственными машинами отечественного и зарубежного производства и разработка рекомендаций по

сферам его применения и набору сельскохозяйственных машин. ГНУ ВИМ 2007.

93. Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М., Бурченко П.Н., Спирин А.П., Сизов О.А. и др. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. Минсельхоз России. Федеральное агентство по сельскому хозяйству. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 270 с.

94. Типаж тракторов и тракторных двигателей на 1987-1980 гг. НАТИ, Москва, 1970.

95. ГОСТ 27021-86 Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы.

96. Поляк А.Я., Антышев Н.М., Русанов В.А., Савельев Г.С., Хорошенков В.К. Типаж тракторов и тракторных двигателей на 1987-1980 гг. НАТИ, Москва, 1970.

97. Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ с изменениями.

98. Harmonizing Power Categories and Towing Categories of Agricultural Tractors with Series of Preferred Numbers / Y. Lobachevskii, Z. Godzhaev, V. Shevtsov [et al.] // SAE Technical Papers. – 2017. – Vol. 2017-January, No. January. – P. 18-24.

99. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 506 с.

100. Бейлис В.М., Московский М.Н., Лавров А.В. Система технологий и машин в современных условиях ФГБНУ ФНАЦ ВИМ // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 12. – С. 70-72.

101. Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности – ОК 034-2007 (КПЕС 2002) с изменением 5/2012 ОКПД.

102. Шевцов В.Г., Соловейчик А.А. Определение тяговых показателей сельскохозяйственного трактора с учетом отбора мощности через ВОМ и

всерезимного регулирования двигателя // Ресурсосберегающие технологии и техническое обеспечение производства зерна: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М: ВИМ, 2010. – С. 424-430.

103. Мерзляков А.А., Сизов О.А., Шевцов В.Г. Использование стандартных типоразмерных рядов при выборе типажей сельскохозяйственных тракторов // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сб. докл. XII Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2012. – С. 22-31.

104. Кутьков Г.М. Энергонасыщенность и классификация тракторов. // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 5. – С. 5-8.

105. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса / Том Часть 1. – Москва: Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 2019. – 228 с.

106. ГОСТ 7057-2001 Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний.

107. ГОСТ 8032-84 Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел.

108. Шевцов В.Г., Лавров А.В., Гурылев Г.С., Ксенович Т.И., Зубина В.А., Кряжков В.М. / 24.1.5. Доработать проект раздела "Типаж тракторов и мобильных энергетических средств". Системы инновационных машинных технологий и техники нового поколения // отчет о НИР / ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, рук. Шевцов В.Г. М., 2016.

109. ГОСТ 28523-90 Мобильные средства малой механизации сельскохозяйственных работ. Тракторы малогабаритные. Типы и основные параметры.

110. ГОСТ 30745-2001 Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей.

111. ГОСТ Р 1.4-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения.

112. ИСО 730:2009 Тракторы колесные сельскохозяйственные. Трехточечное задненавесное устройство. Категории.

113. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования».

114. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 031/2012 «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним».

115. Ценч, Ю. С. Становление и развитие научно-технического потенциала механизации сельского хозяйства России : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Ценч Юлия Сергеевна. – Москва, 2021. – 412 с.

116. Федоренко В.Ф., Лачуга Ю.Ф., Орсик Л.С. и др. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом (по материалам международной выставки «Agritechnica 2003», г. Ганновер, Германия, 9-11 ноября). – М.: Росинформагротех, 2004. – 87 с.

117. Ежевский А.А., Федоренко В.Ф., Кузьмина Т.Н., Мишуров Н.П., Гольпяпин В.Я., Буклагин Д.С., Колчина Л.М., Лачуга Ю.Ф., Елизаров В.П., Жалнин Э.В., Личман Г.И., Марченко О.С., Пугачев П.М., Сизов О.А., Хорошенков В.К. и др. Современное состояние и тенденции развития сельскохозяйственной техники // Научно-аналитический обзор (По материалам Международной выставки «SIMA-2005»). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 22с.

118. Черноиванов В.И., Орсик Л.С., Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Мишуров Н.П., Гольпяпин В.Я., Колчина Л.М., Кузьмина Т.Н., Соловьева Н.Ф., Кокоченко В.В., Шилова Е.П., Казинникова Т.А., Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Лобачевский Я.П., Личман Г.И., Марченко Н.М., Марченко О.С., Ревенко Н.А., Сизов О.А. и др. Тенденции развития

сельскохозяйственной техники за рубежом // Научно-аналитический обзор (По материалам Международной выставки «SIMA-2007»). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 308 с.

119. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года / Ю.Ф. Лачуга, И.В. Горбачев, А.А. Ежевский [и др.]. Том 1. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2012. – 304 с.

120. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Инновационные механизированные технологии и автоматизированные технические системы для сельского хозяйства // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сб. докл. XII Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2012. – С. 31-44.

121. Лачуга Ю.Ф., Кряжков В.М., Шевцов В.Г. Тракторный парк базовый ресурс механизированного сельхозпроизводства // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 6. – С. 4-11.

122. Мининзон В.И., Парфенов А.П. О перспективной классификации с/х тракторов // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 4. – С. 3-7.

123. Совет Евразийской экономической комиссии. О внесении изменений в технический регламент Таможенного союза "О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним" (ТР ТС 031/2012). Решение от 29 октября 2021 г. № 127. Москва: ЕЭК, 2021.

124. Федеральный конституционный закон от 21.03.2014г. №6-ФКЗ "О принятии в Российскую Федерацию Республики Крым и образовании в составе Российской Федерации новых субъектов - Республики Крым и города федерального значения Севастополя".

125. Шевцов В.Г., Кряжков В.М., Соловейчик А.А., Лавров А.В., Селезнева Е.П., Русанов А.В., Марченко О.С., Текушев А.Х., Федюнин В.В., Уянаев Ю.Х. 09.01.05.01.01.01 Разработать базу данных тяговых показателей

отечественных и зарубежных тракторов по системе OECD на основе созданного алгоритма приведения технических характеристик сельскохозяйственных тракторов по ISO к показателям классификации типажа сельскохозяйственных тракторов России // отчет о НИР / ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, рук. Шевцов В.Г. М., 2013.

126. Lavrov, A. Algorithm of adaptation results tractors tractive tests based on systems OECD and ISO / A. Lavrov, V. Shevtsov, M. Sidorov // E3S Web of Conferences, Sevastopol, 09–13 сентября 2019 года. Vol. 126. – Sevastopol: EDP Sciences, 2019. – P. 00035.

127. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019618430 Российская Федерация. Согласование результатов тяговых испытаний отечественных и зарубежных тракторов по системам OECD и ISO при их гармонизации: № 2019617234: заявл. 20.06.2019: опубли. 01.07.2019 / А.В. Лавров, В.Г. Шевцов, Н.С. Крюковская, В.А. Зубина; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ).

128. Лавров, А. В. Методические подходы к оценке технологической потребности в сельскохозяйственных тракторах для АПК / А. В. Лавров, В. А. Зубина // Агроинженерия. – 2021. – № 1(101). – С. 20-26.

129. Оценка технического уровня сельскохозяйственного трактора ТК-3-180 при включении его в робототехнический комплекс / А. В. Лавров, В. А. Зубина, В. Г. Шевцов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 3. – С. 85-90.

130. Соловейчик, А.А. Влияние динамических качеств тракторного двигателя на его мощностные показатели в эксплуатационных условиях / А.А. Соловейчик // Труды ВНИИ механизации сельского хозяйства (ВИМ), Т. 66, 1974, с. 140-147.

131. Соловейчик А.А., Хохлин В.Я. Об эксплуатационной характеристике сельскохозяйственного трактора // Научно-технический бюллетень ВНИИ механизации сельского хозяйства. –1976, – вып.28. – С. 3-5.

132. Соловейчик А.А. Расчет на ЭЦВМ эксплуатационных показателей сельскохозяйственного трактора со ступенчатой трансмиссией: Сб. тр. ВИМ. Т. 81. – 1979. – С. 138-148.

133. Ксенович И.П., Соловейчик А.А., Шевцов В.Г. Регулирование загрузки двигателя машинно-тракторного агрегата тягово-энергетической концепции: Сб. докл. Междунар. научн.-техн. конф. Часть I. Углич. – 2004. – С. 64-72.

134. Шевцов В.Г., Соловейчик А.А. Алгоритмические основы и компьютерное обеспечение задачи определения режимов работы мобильных сельскохозяйственных агрегатов с учетом применения автоматического ВОМ // Приводная техника. – 2004. – № 5(51). – С. 41-54.

135. Соловейчик А.А. Расчет количества выбросов случайного процесса на выходе нелинейной системы // Научно-технический бюлл. ВИМ, вып. 41. – 1979, – С. 6-10.

136. Соловейчик, А.А. Вероятностное исследование установившегося движения мобильного сельскохозяйственного агрегата на основе численного решения уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова // Математическое моделирование сельскохозяйственных объектов – основа проектирования технологий и машин XXI века: Сб. Междунар. научн.-техн. конф. – Минск. – 2001. – С. 252-256.

137. Соловейчик А.А. Статистическая линеаризация нелинейностей системы регулирования угловой скорости тракторного двигателя // Научно-технический бюлл. ВИМ, вып 44. – 1980. – С. 7-11.

138. Соловейчик А.А. Статистический расчет САР угловой скорости вала двигателя со свободным впуском // Повышение эффективности использования нефтепродуктов в сельском хозяйстве: Сб. тр. ВИМ. Т. 91. – М.: ВИМ, 1981. – С. 79-87.

139. Соловейчик А.А. Моделирование возмущающего воздействия при исследовании на ЭЦВМ установившегося движения сельскохозяйственного трактора // Сб. тр. ВИМ. Т. 81. – М.: ВИМ, 1979, С. 123-131.

140. Соловейчик, А. А. Система уравнений тракторного двигателя с газотурбинным наддувом как объекта регулирования угловой скорости / А. А. Соловейчик // Сб. тр. ВИМ. Т. 84. – М.: ВИМ, 1979, С. 50-65.

141. Соловейчик А.А., Хохлин В.Я. Математическая модель комбинированной системы автоматического регулирования режима работы двигателя. Повышение рабочих скоростей машинно-тракторных агрегатов. – М.: Колос, 1976. – С. 75-81.

142. Каменецкий В.А., Соловейчик А.А., Хохлин В.Я. Комбинированная система автоматического регулирования трансмиссии трактора // Тракторы и сельхозмашины. – 1976. – № 4. – С. 11-13.

143. Соловейчик А.А. Моделирование возмущающих воздействий при исследовании на ЭВМ динамики мобильных агрегатов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1986. – № 12. – С. 7-11.

144. Соловейчик А.А. К расчету тяговых характеристик трактора с гидромеханической передачей // Научно-технический бюл. ВИМ, 1972, вып. 18. – С. 8-10.

145. Соловейчик А.А., Шевцов В.Г., Орлов Н.М. Теория и расчёт мобильных агрегатов с активными рабочими органами, совмещающими функции движителей. – М.: ВИМ, 2008. – 184 с.

146. Соловейчик, А.Г. Оптимальная ширина загонки для широкозахватных агрегатов // Мех. и электр. соц. сельского хозяйства. – 1975. – № 4. – С. 33-38.

147. Соловейчик, А.Г. Сменная производительность машинно-тракторных агрегатов и факторы на нее влияющие // Труды ВИМ, Т.67. – М., 1975. – С. 3-28.

148. Проблемы формирования инновационного парка сельскохозяйственных тракторов России / В.М. Кряжков, З.А. Годжаев, В.Г. Шевцов [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 3. – С. 9-14.

149. Проблемы формирования инновационного парка

сельскохозяйственных тракторов России / В.М. Кряжков, З.А. Годжаев, В.Г. Шевцов [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 4. – С. 5-11.

150. Состояние и перспективы развития парка сельскохозяйственных тракторов в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства / И. А. Старостин, А. В. Лавров, А. В. Ещин, С. А. Давыдова // Тракторы и сельхозмашины. – 2023. – Т. 90, № 4. – С. 387-394.

151. Шевцов В.Г., Лавров А.В. Влияние тракторного парка на показатели технической оснащенности и ресурсные характеристики механизированного сельхозпроизводства // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 12. – С. 38-40.

152. Аверкиев А.И. Технический потенциал сельскохозяйственного производства: содержание и оценка. Сб. научных трудов. Том 1. – М.: ВНИЭТУСХ, РАСХН, 2000. – С. 366-378.

153. Ксеневиц И. П., Соловейчик А.А., Шевцов В.Г. Функции бортового компьютера при управлении режимами работы тракторного двигателя с учетом применения автоматического ВОМ // Автоматизация сельскохозяйственного производства: Сборник докладов международной научно-технической конференции, Москва, 29–30 сентября 2004 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Российская академия сельскохозяйственных наук, ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, ФГНУ Росинформагротех. Том Часть 1. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2004. – С. 142-153.

154. Методика оценки энергетической эффективности комбинированных машинно-тракторных агрегатов / В. Г. Шевцов, А. А. Соловейчик, В. А. Колос, А. В. Лавров // Механизация и электрификация сельского хозяйства : Межведомственный тематический сборник (к 80-летию со дня образования НАН Беларуси). Том Выпуск 42. – Минск : Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр

Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2008. – С. 54-62.

155. Камбулов С.И., Рыков В.Б., Трубилин Е.И., Бабенко О.С. Обоснование применения комбинированных агрегатов при возделывании озимой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 158. – С. 280-288.

156. Бычков Н.И. Эксплуатационная целесообразность применения комбинированных агрегатов // МИИСП: труды. Т.ХV. Вып.3. – М., 1979. – С. 121-124.

157. Спирин А.П. Минимальная обработка почвы. – М., ВИМ, 2005. – 167 с.

158. Бейлис В.М. Продолжительность проведения механизированных полевых сельскохозяйственных работ. – М.: ВИМ, 2005. – 163 с.

159. Нормативная продолжительность механизированных полевых сельскохозяйственных работ [Текст] / Госагропром СССР. ВАСХНИЛ. ВИМ. – М., 1987.

160. Елизаров В.П. Колос В.А., Сапьян Ю.Н. и др. Методика топливно-энергетической оценки производства продукции растениеводства. – М.: ВИМ, 2005. – 185 с.

161. Годжаев З.А., Лавров А.В., Сенькевич С.Е. Годжаев Т.З. Зубина В.А., Кузьмин В.А., Алексеев И.С., Ильченко Е.Н., Павлюченко М.А., Чобырка О.В., Малахов И.С., Уютов С.Ю., Казакова В.А. FGUN-2022-0009 Разработать методологию и технические решения создания мобильных энергетических и транспортно-технологических средств для интеллектуального сельскохозяйственного производства: Отчет о НИР. – М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – 2022.

162. Мониторинг состояния и определение технологической потребности в тракторах для регионального АПК (на примере Республики

Башкортостан) / О.Н. Дидманидзе, И.И. Габитов, С.Г. Мударисов, А.В. Лавров // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 5(335). – С. 14-19.

163. Дидманидзе, О.Н. Методические рекомендации по определению нормативной потребности в сельскохозяйственной технике для растениеводства / О.Н. Дидманидзе, А.В. Лавров, В.М. Бейлис. – Москва: ООО «Сам Полиграфист», 2024. – 56 с.

164. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023684384 Российская Федерация. Программа расчета технологической потребности регионов России в сельскохозяйственной технике: № 2023680456: заявл. 09.10.2023: опубл. 15.11.2023 / З.А. Годжаев, И.И. Габитов, С.Г. Мударисов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ».

165. Методика определения оптимального количественно-возрастного состава тракторного парка / В. Г. Шевцов, З. А. Годжаев, А. В. Лавров, В. А. Зубина // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. – № 4. – С. 9-14.

166. Нормативы и прогнозирование потребности сельскохозяйственного производства в технике / З.А. Годжаев, В.М. Бейлис, В.Г. Шевцов, А.В. Лавров // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2020. – Т. 67, № 4(41). – С. 151-158.

167. Кузнецова Л.В., Лавров А.В. Анализ обеспеченности тракторами аграрного сектора экономики Калужской области // Аграрная наука. – 2024. – № 7. – С. 187-192.

168. Шапиро Е.А., Труфляк Е.В. Дифференцированные нормативы машиноиспользования современных тракторов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 207. – С. 409-426.

ПРИЛОЖЕНИЕ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА

имени К.А. Тимирязева,

доктор биологических наук, профессор

Селионова Марина Ивановна



*« 23 »

апреля

2025 года

Акт

об использовании в учебном процессе результатов научно-исследовательской работы к.т.н. доцента А.В. Лаврова на тему: «Методологическое обоснование направлений развития системы сельскохозяйственных мобильных энергетических средств»

Теоретические и практические разработки, представленные в научно-исследовательской работе Лаврова А.В., используются в учебном процессе, а именно:

1. Лавров А.В. в 2024 г. в соавторстве разработал проект методических указаний «Методические рекомендации по определению нормативной потребности в сельскохозяйственной технике для растениеводства», в котором изложены уточненные нормативы потребности в технике и коэффициенты перевода в эталонные единицы тракторов.

2. Основные положения работы Лаврова А.В. используются при проведении практических занятий по дисциплинам «Эксплуатация машинно-тракторного парка», «Оптимальное использование машинно-тракторного парка» со студентами, обучающимся по направлениям 35.03.06 «Агроинженерия», 35.04.06 «Агроинженерия».

И.о. директора института механики и
энергетики имени В.П. Горячкина

А.Г. Арженовский

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ЦЕНТР ТЕХНИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА»
при
МГТУ им. Н. Э. Баумана»

Госпитальный пер. 10
Москва 105005, Россия

Телефон/Факс: (499) 263-60-65
E-mail: TEC@SM.BMSTU.RU

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «ЦТС» при МГТУ им. Н.Э. Баумана»



А.Е. Дубин

«02» Сентября 2025 г

Акт

внедрения результатов научно-исследовательской работы
«Разработка стандартов в области машиностроения»

Настоящим актом подтверждается, что экспериментально-теоретический метод оценки максимального контактного давления вездеходного колесного движителя на почву, разработанный с участием Лаврова А.В. в результате выполнения НИР «Разработка стандартов в области машиностроения» (Договор №71/34-2019 от 25.05.2019. ГОСТ Р 58656–2019. Национальный стандарт Российской Федерации. ТЕХНИКА МОБИЛЬНАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ. Методы определения движителей на почву) применяется в ООО «Центр технического сотрудничества при МГТУ им. Н.Э. Баумана» при разработке интеллектуальных систем регулирования давления воздуха в шинах внедорожных транспортно-технологических средств различного назначения.

Главный конструктор проекта

С.Д. Попов

Старший научный сотрудник

М.А. Филимонов

Ведущий конструктор

К.В. Долотов

Министерство сельского хозяйства РБ

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Премьер-министра
Правительства Республики
Башкортостан - министр
сельского хозяйства
Республики Башкортостан
И.И. Фазрахманов



Акт

внедрения результатов научно-исследовательской работы

«Методика определения нормативной потребности в сельскохозяйственной технике и прогноз ее обновления на перспективу»

Составной частью темы «Методологическое обоснование направлений развития системы сельскохозяйственных мобильных энергетических средств» является «Методика определения нормативной потребности в сельскохозяйственной технике и прогноз ее обновления на перспективу», а также показатели оценки состояния тракторного парка.

Результаты исследований Лаврова А.В. с применением данной методики были использованы при выполнении НИР по теме: «Система технического и технологического обеспечения и модернизации машинно-тракторного парка агропромышленного комплекса Республики Башкортостан» №51 от 23 апреля 2021 года.

По данной теме получены следующие результаты:

- показатели оценки текущего состояния тракторного парка;
- нормативная потребность в сельскохозяйственных колесных и гусеничных тракторах различных тяговых классов для подзон и республики в целом;
- прогноз обновления тракторного парка республики.

Данные результаты позволят органам исполнительной власти региона формировать техническую политику по обновлению тракторного парка республики.

Заместитель министра

И.Х. Ахметов



УТВЕРЖДАЮ

Министр сельского хозяйства
Калужской области


Ефремов А.В.

« 24 » 04 2025 г.

Акт

внедрения результатов научно-исследовательской работы

«Нормативы потребности в основных видах сельскохозяйственной техники и коэффициенты их перевода в условные единицы»

Настоящий акт составлен о внедрении и апробации результатов научно-исследовательской работы Лаврова А.В. «Методологическое обоснование направлений развития системы сельскохозяйственных мобильных энергетических средств», включающая нормативы потребности в основных видах сельскохозяйственной техники, коэффициенты их перевода в условные единицы, а также зависимость недобора и потерь сельскохозяйственной продукции от нарушения агросроков.

Результаты исследований Лаврова А.В. были использованы при выполнении Государственного контракта № 0137200001223001633 от 02.06.2023 г. на выполнение научно-исследовательских работ по теме: «Провести анализ наличия основных видов техники машинно-тракторного парка отрасли растениеводства и рассчитать их нормативное количество».

На основании проделанной работы получены следующие результаты:

- определено фактическое наличие сельскохозяйственных машин;
- рассчитано требуемое нормативное количество техники;
- определены потери и недобор сельскохозяйственной продукции, связанный с дефицитом техники.

Полученные результаты позволят специалистам Министерства сельского хозяйства Калужской области разрабатывать техническую политику по обновлению машинно-тракторного парка, комплектуя его наиболее эффективными моделями, а сельхозпроизводителям рационально формировать состав МТП.

Начальник отдела осуществления
государственных полномочий
в области земледелия

 Прасолова А.А.



УТВЕРЖДАЮ
Директор
Калужского НИИСХ –
филиала ФГБНУ «ФИЦ
картофеля имени А.Г. Лорха», к.с.-х.н
Мазуров В. Н.

« 10 » 04 2025 года

Акт

об использовании в научных исследованиях результатов научно-исследовательской работы к.т.н. А.В. Лаврова на тему: «Методологическое обоснование направлений развития системы сельскохозяйственных мобильных энергетических средств»

Практические разработки, представленные в научно-исследовательской работе Лаврова А.В., используются в научных исследованиях Калужского НИИСХ, а именно:

1. Лавров А.В. в 2022 г. в соавторстве опубликовал монографию «Инновационная система машинно-технологического обеспечения фермерских хозяйств, селекционных и семеноводческих организаций», в которой разработаны методические основы формирования системы типажей технических средств для условий фермерских хозяйств, селекционных и семеноводческих организаций.

2. Данные положения монографии Лаврова А.В. используются при разработке технологических карт производства продукции растениеводства для почвенно-климатических и производственных условий Калужской области.

Зам. директора по
научной работе, к.с.-х.н.

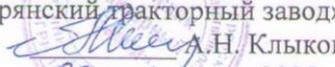
Семешкина П.С.



Общество с ограниченной ответственностью «Строительно-дорожные машины»
(ООО «СДМ»)
Общество с ограниченной ответственностью «Брянский Тракторный Завод»
(ООО «БТЗ»)

Адрес:
241050, Россия, г. Брянск,
ул. Калинина, д.98

Телефоны:
+7 (4832) 74-43-37
Эл. почта: biz@umg.ru

УТВЕРЖДАЮ
И.О. Управляющего директора
ООО «Брянский тракторный завод»

А.Н. Клыков
«09.» Апрель 2025 г.

Акт
внедрения результатов научно-исследовательской работы
«Двухпараметрическая классификации мобильных энергетических средств»

Настоящий акт о внедрении результатов законченной научно-исследовательской работы Лаврова А.В. «Методологическое обоснование направлений развития системы сельскохозяйственных мобильных энергетических средств», включающие двухпараметрическую классификацию мобильных энергетических средств. Акт составлен по итогам использования предложенных методологических материалов при планировании и проведении опытно-конструкторских работ.

Разработанная классификация может быть внедрена на тракторостроительных предприятиях при обосновании массо-энергетических показателей сельскохозяйственных тракторов.

Данная классификации будет использоваться при разработке новых моделей сельскохозяйственных тракторов, планируемых к производству на Брянском тракторном заводе.

Применение новой классификации в АПК позволит сельхозпроизводителям более рационально агрегатировать тракторы с сельскохозяйственными машинами.

Руководитель проекта

Главный конструктор

Инженер-конструктор

 А.Н. Клыков
 С.О. Корсунов
 И. Хилютич

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2787059

Модульное энерготехнологическое средство

Патентообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственный центр "Калугатрактсельмаш" (RU)*

Авторы: *Лавров Александр Владимирович (RU), Пономарев Алексей Иванович (RU), Сидоров Максим Владимирович (RU), Воронин Виктор Александрович (RU), Сидорова Анастасия Владимировна (RU)*

Заявка № 2022105151

Приоритет изобретения **25 февраля 2022 г.**
Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **28 декабря 2022 г.**
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **25 февраля 2042 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 68b90077e14c40f0a94e6bd24145d5c7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 2.03.2022 по 26.05.2023

Ю.С. Зубов



ИП Глава КФХ Карпенко Вячеслав Викторович
Ростовская область,
347740 Ростовская область,
г. Зерноград ул. Еремина д. 15 кв. 16
8(86359)41560
«18» апреля 2025 года

Акт

Акт внедрения результатов научно-исследовательской работы к.т.н. А.В. Лаврова на тему: «Методологическое обоснование направлений развития системы сельскохозяйственных мобильных энергетических средств»

Практические разработки, представленные в научно-исследовательской работе Лаврова А.В., используются в производственных условиях ИП Глава КФХ Карпенко В.В., а именно:

Лавров А.В. в 2024 г. в соавторстве разработал специальную тему: «Методические рекомендации по определению нормативной потребности в сельскохозяйственной технике для растениеводства», в которых представлено определение нормативной потребности в основных видах сельскохозяйственной техники для агрозон России.

Данная методика применяется специалистами нашей организации при обновлении машинно-тракторного парка наиболее эффективными машинами.

ИП Глава КФХ Карпенко В.В.



УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «УраЛИжтрак»

Северин Н.А. Северин Н.А.

“03” *апреля* 2025 г.



АКТ

внедрения результатов научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представители общества с ограниченной ответственностью «УраЛИжтрак», главный инженер Рябов А.В. и член наблюдательного совета, к.т.н. Пономарев А.Г. с одной стороны и представители федерального государственного бюджетного общеобразовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева», профессор, д.т.н. Девянин С.Н., доцент, к.т.н. Федоткин Р.С. и доцент, к.т.н. Лавров А.В. с другой стороны составили настоящий акт о внедрении результатов научно-исследовательской работы «Методологическое обоснование направлений развития системы сельскохозяйственных мобильных энергетических средств».

В рамках данной темы разработана методика оценки энергоэффективности и экологической безопасности сельскохозяйственного трактора в полном жизненном цикле может быть принята к внедрению на тракторостроительных предприятиях. Данная методика была апробирована на ООО «УраЛИжтрак» при разработке исходных требований на сельскохозяйственный универсально-пропашной трактор интегральной схемы второго тягового класса.

С помощью методики были предварительно оценены энергетические затраты и экологический ущерб на всех этапах жизненного цикла трактора: маркетинг, исходные требования, проектирование, производство, эксплуатация и утилизация.

Представители ООО «УраЛИжтрак»:

Главный инженер

Рябов А.В. Рябов А.В.

Член наблюдательного совета, к.т.н.

Пономарев А.Г. Пономарев А.Г.

Представители

ФГБОУ ВО РГАУ МСХА им. К.А.

Тимирязева:

Профессор кафедры «Тракторы и автомобили», д.т.н.

Девянин С.Н. Девянин С.Н.

Доцент кафедры «Тракторы и автомобили», к.т.н.

Федоткин Р.С. Федоткин Р.С.

Доцент кафедры «Механизации сельского хозяйства», к.т.н.

Лавров А.В. Лавров А.В.