

С.В.Оськин, Б.Ф.Тарасенко

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ
ФОРМИРОВАНИИ ЭФФЕКТИВНЫХ
КОМПЛЕКСОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ
АГРЕГАТОВ – ЕЩЕ ОДИН ШАГ К ТОЧНОМУ
ЗЕМЛЕДЕЛИЮ

Научное издание

Краснодар, 2014

УДК 62-83
ББК 31.291
О-79

Оськин С.В., Тарасенко Б.Ф. Имитационное моделирование при формировании эффективных комплексов почвообрабатывающих агрегатов – еще один шаг к точному земледелию: монография. / С.В.Оськин, Б.Ф.Тарасенко - Краснодар: Изд-во ООО «КРОН», 2015.- 510 с.

Рецензенты:

В.И. Пахомов - доктор технических наук, директор ФГБНУ СКНИИМЭСХ (г. Зерноград);

В.А. Кравченко - доктор технических наук, профессор Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ в г. Зернограде

ISBN

В монографии изложены материалы по технологическим операциям, оборудованию и основным проблемам основной обработки почвы. Показана связь вопросов почвообработки с технологиями точного земледелия. Описаны основные структурные составляющие точного земледелия и указано место данной работы в инновационной системе. Приведены основные целевые функции для оптимизации состава и количества единиц почвообрабатывающего комплекса. На основе имитационного моделирования рассмотрены и проанализированы варианты почвообрабатывающих агрегатов для отдельных технологических операций. Рекомендованы высокоэффективные комплексы агрегатов для различных технологий обработки почвы - традиционной, минимальной, комбинированной. Предложены новые почвообрабатывающие орудия и показана их эффективность в составе комплекса агрегатов.

Монография предназначена для студентов высших учебных заведений, аспирантов, научных работников, преподавателей и слушателей ФПК.

УДК 62-83
ББК 31.291

ISBN

© Оськин С.В., Тарасенко Б.Ф.
ООО «КРОН»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ ИНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	7
1.1 Резервы снижения себестоимости в сельскохозяйственной от- расли	7
1.2. Структурные составляющие точного земледелия.....	12
1.3. Способы обработки почвы, затраты топливо-энергетических ресурсов на их выполнение, их влияние на плодородие.....	19
1.4 Состояние современных исследований в области обработки почвы	32
1.5.Методы внесения удобрений в почву, затраты топливо- энергетических ресурсов на их выполнение	48
2. ИСЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ.....	63
2.1 Описание основных технологических операций обработки поч- вы и формирование общей целевой функции.....	63
2.2 Корректировка целевой функции для технологической опера- ции пахота и разработка имитационной модели.....	73
2.3. Определение целевой функции для боронования и имитацион- ное моделирование по основным затратам на выполнение операции.....	94
2.4. Определение целевой функции для дискования и имитацион- ное моделирование по основным затратам на выполнение операции....	102
2.5. Определение целевой функции для сплошной культивации и прикатывания, имитационное моделирование по основным затратам на выполнение операций	116
2.6. Определение общих затрат на основную обработку почвы и выбор наиболее рациональных составов агрегатов	135
2.7. Выводы	144
3. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ И ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ МОДЕЛИ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ОПЕРАЦИЯМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ	149
3.1. Основные технологические операции обработки почвы, задел- ки пожнивных остатков и сохранения влаги	175
3.2. Операции внесения и заделки удобрений	175
3.3. Выводы по третьей главе	182

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	189
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	206
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	207
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	222
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	282

ВВЕДЕНИЕ

В сельское хозяйство во всех странах мира вкладываются большие материальные средства. Однако ни вкладываемые средства, ни селекция сортов, ни агрохимия, ни орошение, ни расширение применения гербицидов – пестицидов для борьбы с сорняками, вредителями и болезнями пока не в силах остановить в земледелии действие закона убывающего плодородия К. Либиха. В связи с чем, современное развитие сельского хозяйства, включая Россию, характеризуется наращиванием энергетических затрат на обработки, удобрения, орошение, ядохимикаты, обуславливающих удорожание и снижение качества продукции. При этом возрастающие потребности продукции растениеводства и животноводства требуют интенсификации земледелия. Краснодарский край, как зернопроизводящий край по темпам интенсификации земледелия значительно превосходит многие регионы, в том числе Западного Предкавказья. Площадь сельхозугодий в Краснодарском крае равна 4,5 млн. га, из них 3,8 млн. га приходится на пашню. Накопленный за многие века гумусовый горизонт составлял 1,2-1,8 м. Содержание гумуса в пахотном слое относительно невысокое и составляет 4-6 %. Интенсификация земледелия в крае ведёт к деградации почвенного покрова и снижению плодородия. Она приводит к ежегодным потерям гумуса с пашни в среднем до 1,2 т/га, что меняет ее качественное состояние. Площадь сверхмощных черноземов за последние полвека уменьшилась на 263 тыс. га, а 350 тыс. га малогумусовых черноземов вообще прекратили свое существование. Распаханность степного ландшафта Краснодарского края превышает оптимальный уровень и достигает 90 % и выше. Механизированные процессы почвообработки существующие в настоящее время имеют несовершенства из-за применения многооперационности и большой номенклатуры машин. Несовершенными также оказались применяемые механизированные процессы приготовления и внесения органических удобрений, процессы внесения минеральных удобрений и химической борьбы, ведущие к загрязнённости и росту затрат энергии, и снижению плодородия. Технологические приёмы и технические средства производства зерновых культур характеризуются наращиванием энергетических затрат. При увеличении урожайности в 2-3 раза, необходимо увеличение затрат энергии в 10 раз. Анализ научных исследований [37, 79, 90, 114, 153 и др.] показал, что при возделывании зерновых культур 40-50 % ресурсного потенциала расходуется на технологический процесс обработки почвы, а доля механической обработки почвы, например, в урожае пшеницы, составляет в среднем 14 %. Также известно, что свыше 50 % механизированных работ выполняется с отклонениями от агротехнических требований. Особенно это касается основной и дополнительной обработок почвы, в процессе проведения которых данные отклонения достигают 200 % [114]. Обработку почвы следует проводить так, чтобы получить нужное качество обработки, сократить расход энергии и других ресурсов, увеличить выработку машин, все работы осуществлять своевременно – в пределах агротехнических сроков, уменьшать влияние машин на плотность почвы.

В связи с вступлением России в ВТО конкурентоспособность сельскохозяйственного производства России на внутреннем и внешних рынках требует снижения себестоимости производства продукции, увеличения ее рентабельности, повышения производительности труда. При этом одним из способов снижения себестоимости является снижение всех ресурсозатрат, в том числе снижение удельного расхода моторного топлива. Таким образом, актуальны исследования в области поиска и разработки технологий и технических средств нового поколения для обеспечения сбережения топливно-энергетического ресурса, а также для предупреждения деградации почв, что обеспечит в свою очередь повышение плодородия при производстве сельскохозяйственной продукции.

Актуальность исследований существенна в связи с ростом дефицита топлива и истощаемостью недр, в том числе в связи с принятием закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» (от 23.11.1009 № 261-ФЗ), и в связи с концепцией развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства России, а также в связи с необходимостью эффективного управления растениеводческими предприятиями с тем, чтобы с одной стороны максимально повысить урожайность, а с другой стороны, свести к минимуму антропогенную нагрузку на биосферу и затраты ресурсов.

Учитывая исключительную важность сельского хозяйства в вопросах экологической безопасности и обеспечения населения продуктами питания, актуальным является обеспечение эффективного управления растениеводческими предприятиями с тем, чтобы с одной стороны максимально повысить урожайность, а с другой стороны, свести к минимуму антропогенную нагрузку на биосферу. Для достижения этих целей производители в различной степени используют разработки ученых, машиностроителей, экономистов и прочих специалистов, обслуживающих АПК.

Одним из основных элементов ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве является "точное земледелие" (прецизионное земледелие - precision agriculture). Точное земледелие получает все большее распространение во многих странах и в последнее время - у нас в России. Под этим термином понимается оптимальное управление для каждого квадратного метра поля. Такая технология стала возможной благодаря развитию информатики, систем связи, методов моделирования и информационных технологий в целом, а также прогрессу в области автоматизации сельскохозяйственной техники. Целью такого управления является получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов. При этом сохраняются возможности производства качественной продукции при минимальном воздействии на окружающую среду. Точное земледелие включает несколько этапов основными, из которых являются следующие: сбор информации о хозяйстве, поле, культуре, машинотракторном парке; анализ полученной информации и выдача сигналов управления; выполнение предлагаемых решений - проведение агротехнологических операций.

Для реализации технологии точного земледелия необходимо наличие следующего: сельскохозяйственная техника, бортовая ЭВМ, приборы точного позиционирования на местности (GPS-приёмники), технические системы и измерительные комплексы, приборы дистанционного зондирования полей. Важной частью технологии точного земледелия является программное обеспечение, которое проводит автоматизированное ведение пространственно-атрибутивных данных картотеки сельскохозяйственных полей, а также генерацию, оптимизацию и реализацию агротехнических решений с учётом вариабельности характеристик в пределах возделываемого поля. Данный этап сегодня наименее развит. Однако часть этого этапа, такая как, специализированные геоинформационные системы (ГИС) постоянно совершенствуются и идет процесс подключения к российской спутниковой системе ГЛОНАСС.

Третий этап - выполнение агротехнологических операций, также динамично развивается. Здесь самыми "продвинутыми" являются операции по внесению жидких и твердых минеральных удобрений, а также посев зерновых культур. По проведению основной обработки почвы, пока мало разработок, но они ожидаются.

Так как все технологические операции на сельскохозяйственном поле дифференцированы во времени и пространстве, то учитывать разнообразие почвенных, климатических особенностей каждого участка при обработке почвы представляется крайне необходимым. Таким образом, целесообразность разработки систем точного земледелия в условиях реальной микроклиматической неоднородности ландшафтных агроэкологических систем России очевидна.

При наличии качественного адекватного программного обеспечения можно регулировать интенсивность технологических операций по ходу движения агрегата по полю (изменение норм высева, норм внесения удобрений, производительности при обработке почвы, количества применяемых средств защиты растений). Решающую роль в этом процессе играет совершенствование информационных разработок и особенно методов принятия решений – статических и динамических моделей, баз данных, баз знаний, экспертных систем. Возникает необходимость создания принципиально новых программных комплексов, которые могут интегрировать знания и опыт многих специалистов в области агрономии, биологии, агрохимии, агроинженерии, экономики и прочих смежных областях деятельности.

Научная проблема заключается в следующем: возрастающее разнообразие производимых сельскохозяйственных машин и рабочих органов, внедрение новых технологий в земледелии, дефицит финансовых ресурсов на предприятиях, не позволяющий проводить своевременное обновление техники, и, вместе с тем, отсутствие адекватного методологического подхода к выбору типа и количества агрегатов не позволяют сформировать оптимальные по составу и количеству комплексы агрегатов для отдельных технологических операций в растениеводстве. Основой комплексного подхода к формированию групп агрегатов может стать имитационное моделирование процесса функционирования почвообрабатывающих агрегатов, позволяющее по-

лучить информацию максимально приближенную к действительности и стать составляющей частью программного обеспечения для точного земледелия.

1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ ИНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

1.1 Резервы снижения себестоимости в сельскохозяйственной отрасли

Развитие экономики российских регионов, целостных элементов, образующих единую систему хозяйственного комплекса страны и подверженных воздействию глобальных тенденций и функциональной специфики отечественных социально-экономических систем, направлено на формирование фундаментального экономического роста всех отраслей хозяйства. Однако, выделяя в отраслевой структуре составляющие компоненты, следует отметить, что именно сельскохозяйственное производство исторически образует естественную основу развития большинства региональных и национальных экономик, в связи с чем этот рост в широком смысле можно характеризовать как агроэкономический [8]. Этим объясняется стабильно повышенный интерес к теоретическим и практическим проблемам потенциального и реального вклада сельско-хозяйственной отрасли в экономический рост остальных региональных социально-экономических систем. Развитие регионального сельского хозяйства является необходимым условием индустриализации всех отраслей экономики, и без модернизации данного комплекса как базы опережающего подъема поднять и модернизировать индустриальные, инфраструктурные и сервисные отрасли экономики региона практически невозможно. Это актуализирует теоретико-методологическую и прикладную основу сущностного восприятия агроэкономического роста как доминантного двигателя системного развития хозяйственного комплекса региона. К условиям агроэкономического роста следует отнести: внешнюю конъюнктуру, социальные и демографические процессы, политико-экономическое и административное устройство государства и общества, существующие институциональные и инфраструктурные формы хозяйствования. Факторы, формирующие агроэкономический рост, классифицируются по следующим группам: природно-климатические и погодные условия; земля (агроландшафты); труд; основные фонды предприятий и организаций; инвестиционный климат; менеджмент и маркетинг сельскохозяйственных организаций, в том числе технические средства и технологии.

Известно [9], что организация и использование агроландшафтов (мест ведения сельского хозяйства) насчитывает свыше 10000 лет. Под окультуренными человеком агроландшафтами в мире занято 30 % площади суши. На долю растениеводства в структуре пахотных земель России приходится 30–60 %. Однако в настоящий момент земля в России используется крайне неэффективно. За 20 лет площадь пашни сократилась со 132 до 114 млн. га, или на 13,5 %. Из оставшейся части почти 20,5 млн га зарастают лесом или заболачиваются (см. интервью с профессором Академии народного хозяйства и госслужбы при президенте РФ Иваном Стариковым, 28 августа 2013 г. – АиФ-Москва).

Из исследований Тесленко И.И. [154] известно, что ресурсы можно подразделить несколько видов – материальные (Рм), трудовые (Рт), природные

(Рп), энергетические (Рэ) и финансовые (Рф). Но так как все ресурсы имеют ограниченный характер их необходимо сберегать.

Снижение себестоимости – одна из первоочередных и актуальных задач любого общества, каждой отрасли предприятия. От его уровня зависят, сумма прибыли и уровень рентабельности, финансовое состояние предприятия его платежеспособность темпы расширенного воспроизводства, уровень цен на сельскохозяйственную продукцию.

Важным резервом снижения себестоимости является экономия, включающая повышение технического уровня производства (внедрение новой, прогрессивной технологии, механизацию и автоматизацию производственных процессов; улучшение использования и применение новых видов ресурсов), совершенствование организации производства и труда (формы и методы, специализация, управление производством и сокращение затрат на него; улучшение использования основных средств; улучшение материально-технического снабжения; сокращение транспортных расходов; затрат энергии и прочих факторов). Рост производительности труда является также резервом снижения себестоимости. Увеличение объема производства, в том числе является резервом снижения себестоимости, в связи, с чем их количество на единицу продукции уменьшается.

Рассмотрим влияние Рэ (энергосбережения) в земледелии на снижение уровня себестоимости производства зерновых колосовых культур. Стремительный рост тарифов в России приводит к увеличению доли топливно-энергетического ресурса в себестоимости производимой продукции (составляющая затрат себестоимости сельхозпродукции приблизилась к 50 %). Тенденция роста топливно-энергетической составляющей затрат себестоимости приведет к падению объема механизированных работ, а следовательно, дальнейшему снижению производительности труда и общему снижению производства сельхозпродукции. Создается реальная угроза продовольственной безопасности. Наибольшую потребность отрасль испытывает в моторном топливе. Именно на этот вид энергии приходится до 70 % всех затрат энергии. Только за 2005 г. цены на ГСМ увеличились на 35 % по сравнению с 2004 г. Вполне очевидна тенденция на постоянное удорожание нефтепродуктов и в будущем. Согласно прогнозу в ближайшие 20 лет потребность в нефти в мире может увеличиться на 50 %, при этом Российское правительство признало, что добыча нефти в России находится в стагнации. Согласно прогнозам ФЭК РФ, ФСТ РФ, Минпромэнерго РФ и Минэкономразвития РФ на 2007–2010 гг., известно, что добыча нефти в России уже достигла своего пика и, возможно, никогда больше не вернется на существующий уровень. Поэтому основным направлением энергосбережения в сельском хозяйстве является всемерное освоение ресурсосберегающих технологий производства с.-х. продукции. Уже сегодня имеются позитивные результаты. Так, например, введение новых технологий и техники в растениеводстве Белгородской области позволило сократить расход ГСМ с 156 кг/га в 1995 г. до 87 кг/га в 2005 г. Аналогичный показатель расхода ГСМ достигнут и в Краснодарском крае и в ряде др. субъектов РФ. По данным аналитического обзора Минсельхоза

[138], в аграрном секторе расходуется около 3,5 % энергии мирового потребления. В зависимости от величины аграрного сектора эта доля варьирует от 3 до 6 %. В России эти показатели на порядок выше. В настоящее время система энергообеспечения, как и сельское хозяйство в целом, находится в состоянии глубокого системного кризиса. Современное состояние отечественного сельского хозяйства характеризуется: низким уровнем производительности труда в сравнении со странами Запада (странами большой семерки). В зарубежной практике стоимость потребляемой энергии учитывается в различных статьях общехозяйственных затрат сельскохозяйственного производства. В США расход энергоносителей в виде электрической энергии и газа за период с середины 80-х гг. XX в. до начала XXI в., при значительном росте объемов производства продукции, сократился почти на 40 %.

В этой связи в растениеводстве при производстве также происходит коренная переоценка применяемых технологий возделывания культур с целью существенного сокращения энергетических затрат. Для того чтобы снизить энергетические затраты, при основной обработке почвы применяются ресурсосберегающие приемы обработки почвы. В качестве последних выступают плоскорезная обработка почвы, мелкое лемешное лушение, дискование. Например, в сельском хозяйстве Свердловской области активно внедряются посевные комбинированные агрегаты, которые за один проход по полю осуществляют до восьми операций: боронование, внесение удобрений, культивация, выравнивание почвы, посев, прикатывание посевов и т.д. Комбинированные посевные агрегаты в сравнении с отдельным применением приемов предпосевной обработки почвы обеспечивают сокращение энергетических затрат при посеве. Так, расход топлива в среднем при посеве комбинированным посевным агрегатом «Виктория» на стерневом фоне в ПСХК «Новосельский» Красноуфимского района сократился на 8,1 кг/га. В ряде регионов России также разрабатываются новые технологии, позволяющие экономить материальные ресурсы при производстве сельхозпродукции. Они адаптированы к местным условиям, многооперационные, экономят трудовые и материальные ресурсы. Это практикуется в Алтайском и Красноярском краях, Новосибирской, Самарской, Саратовской и ряде других областей. Наибольший интерес представляют технологии, связанные с уменьшением процессов обработки почвы. В Пермской области при подсчете экономической эффективности использования такой технологии установлено, что, применяя энергосберегающие приемы основной обработки почвы, удалось снизить затраты на производство зерна яровой пшеницы в 2003 г. с 1620 до 1563 руб. на 1 га. При этом сокращалось время, затраченное весной на обработку почвы, что позволило провести сев в сжатые сроки. Одним из первых регионов, где стали использоваться энергосберегающие технологии, стала Самарская область. Программа по внедрению ресурсосберегающих технологий в этой области получила высокую оценку на «Первом Международном конгрессе по сберегающим технологиям в сельском хозяйстве», состоявшемся в октябре 2001 г. в Мадриде. В этой области, по данным Минсельхоза, более 30 сельхозпредприятий работают по новым технологиям на площади свыше 100 тыс. га. Бо-

лее чем на 20 % из них используется «прямой посев», на остальных полях применяется минимальная обработка почвы. В этих хозяйствах урожайность зерновых за последние годы составила 30 Ц./га, при среднем показателе по области 17,4 Ц./га. Средняя себестоимость производства 1 т зерна в хозяйствах, работающих по ресурсосберегающим технологиям, составила 63 дол. В Ивановской области этот показатель в 1,5 раза выше, причём доля затрат на энергопотребление сельскохозяйственных организаций Ивановской области составляет около 7 %, в том числе затраты на горюче-смазочные материалы – около 8 %.

Представляет интерес так называемая технология нулевой обработки почвы и прямого посева зерна. В зарубежной литературе отмечается, что период создания и совершенствования технологии прямого посева уже завершился и основной задачей теперь является внедрение этой технологии в практику. Главная трудность внедрения этой технологии в России – это отсутствие отечественных сеялок прямого посева. А приобретение зарубежных сеялок этого класса обходится очень дорого.

Политика государства по экономии затрат энергии отражена в Федеральном законе РФ « Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» № 261-ФЗ от 11 ноября 2009 г. и правовых Актах. Целью закона является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения экономической эффективности (отношения полезного эффекта к затратам энергетического ресурса). Принципы правового регулирования: рациональное использование энергетических ресурсов, комплексность мероприятий, использование энергетических ресурсов с учётом производственно-технологических, экологических и социальных условий. Положения закона применяются также и в отношении рационального расхода воды. Эффективность работы по энергосбережению должна оцениваться конкретными показателями. Основные термины и показатели вытекают из закона РФ «Об энергосбережении». Таким образом, в современных условиях энергосбережение объективно должно стать базовой технологией приостановления разрушительных тенденций в сельском хозяйстве. Откладывать активную работу по энергосбережению – это значит приближать катастрофические явления в сельском хозяйстве. В процессе реализации энергосбережения используется метод системной интеграции, передового опыта и научных достижений в энергетике, а потенциал энергосбережения в земледелии заключен в следующем.

1. В применении малоэнергозатратных (энергосберегающих) технологий обработки почвы.

2. В использовании энергоэффективного машинотракторного парка, в проведении своевременного технического обслуживания, в выполнении своевременной регулировки с целью повышения производительности.

Энергосбережению в Краснодарском крае также уделено особое внимание. Об этом говорит: «Постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 29.12.2010 N 1300 (ред. от 03.10.2011) "Об утверждении долгосрочной краевой целевой программы "Энергосбережение и по-

вышение энергетической эффективности на территории Краснодарского края на период 2011...2020 годов"».

Исследования Нечаева С.В. [79], выполненные в Кубанском ГАУ, показали, что в Краснодарском крае удельный вес эксплуатационных затрат в себестоимости основных с.-х. культур региона колеблется от 40 до 80 %. Удельный вес расхода ГСМ на выполнение основных групп механизированных работ при производстве сельскохозяйственных культур приведен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Удельный вес расхода ГСМ по группам работ, %

Наименование с.-х. культур – эксплуатационные затраты, % на их производство	Группы механизированных работ			
	Обработка почвы	Посев	Уход за посевами	Уборка урожая
Озимая пшеница –40	40	17	9	34
Яровой ячмень – 77	50	10	-	40
Кукуруза на зерно – 73	40	15	13	32
Кукуруза на силос – 82	32	13	11	44
Горох – 59	54	8	4	34
Подсолнечник – 68	40	16	13	31

Из представленных данных видно, что наиболее энергозатратными являются механизированные работы по обработке почвы и уборке урожая, так как расход ГСМ составляет от 32 до 54 %. Причем доля прямых эксплуатационных затрат на почвообработку достигает 33 %.

При изучении количественных показателей получения продукции зерновых колосовых культур обоснование строим на следующей основе.

1. Урожай (определяемый плодородием почв) на 30 % зависит от свойств почв [111]. По результатам массовых полевых опытов агрохимической службы выявлено [9], что корреляционная зависимость продуктивности сельскохозяйственных культур от окультуренности почв составляет + 0,53. По этим же данным в нечерноземной зоне долевое участие окультуренности почв в формировании урожая в производственных условиях составляет 20,1-23,5 %, удобрений — 30,5-36,7 %, погодных условий — 39,8-49,4 %, т.е. не менее половины урожая определяется количеством элементов питания в почве. При идентичности остальных факторов величина урожая определяется ее плодородием, особенно при недостаточном использовании удобрений. Поэтому оценка эффективного плодородия почв в прогнозе урожайности имеет первостепенное значение. Она должна обосновываться на постоянно возобновляемой информации об агрохимическом состоянии почв и выражаться в легко воспринимаемой форме.

2. Кроме агрохимического состояния почв их плодородие зависит также от уплотнения. Уплотняющее действие тракторов [78] по-разному сказывается на элементах структуры урожая ячменя. Отвальная и безотвальная обработки создают оптимальные условия для развития растений ячменя, на уплотненной почве при одно- и трехкратном прохождении техники по полю. При трех- и пятикратном прохождении тракторов уплотнение превысило пределы оптимума. Существенное снижение урожайности наблюдалось при уплотнении почвы более 1,23 г/см. Высота растений на момент уборки при отвальной обработке с увеличением кратности уплотнения увеличивается, при безотвальной, наоборот – уменьшается. При увеличении уплотняющего воздействия тракторов на почву, структура урожая ячменя ухудшается: снижается масса 1000 зерен, длина колоса и количество зерен в колосе, при общей кустистости. Соломистость ячменя увеличивается. При отвальной и безотвальной обработке масса 1000 зерен, длина колоса и количество зерен в колосе находятся на одном уровне. По безотвальной обработке общая кустистость уменьшается, отношение соломы к зерну увеличивается по сравнению с отвальной. Безотвальная обработка существенно снижает урожайность при трех – и пятикратном уплотнении на 0,15 и 0,22 т/га, а отвальная обработка при пятикратном на 0,16 т/га.

Для повышения урожайности общеизвестны следующие рекомендации. В осенний период зяблевая обработка почвы должна обязательно включать в себя лущение стерни предшествующих культур. При значительном уплотнении почвы ходовыми системами сельскохозяйственных агрегатов необходимо глубокое рыхление без оборота пласта. Для формирования запасов влаги в почве, а также создания разветвленной сети капиллярных каналов основную обработку в осенний период необходимо выполнять рыхлительными рабочими органами без оборота пласта на глубину 35 см и более, в зависимости от степени уплотнения почвы. С целью снижения числа проходов агрегатов, а также снижения затрат времени в почвосберегающих технологиях возделывания сельскохозяйственных культур подготовку почвы к посеву выполняют за один проход почвообрабатывающей машины или совмещают обработку почвы с посевом. Для тяжелых и средних типов почв наилучшим образом подходят комбинированные агрегаты.

1.2 Структурные составляющие точного земледелия

На территории России открыты для коммерческого использования две спутниковые радионавигационные системы - американская NAVSTAR (Navigational Satellite Time and Ranging) и российская ГЛОНАСС (глобальная навигационная спутниковая система). Они позволяют неограниченному числу любых объектов, имеющих соответствующую аппаратуру, в беззапросном режиме, практически мгновенно и с высокой точностью определять свое ме-

стоположение и скорость движения в любой точке планеты (Рис.1.1). Это сделало реальной перспективу полного обеспечения навигационной информацией сельскохозяйственную подвижную технику и создания на этой основе агротехнологий, построенных на точном знании среды.

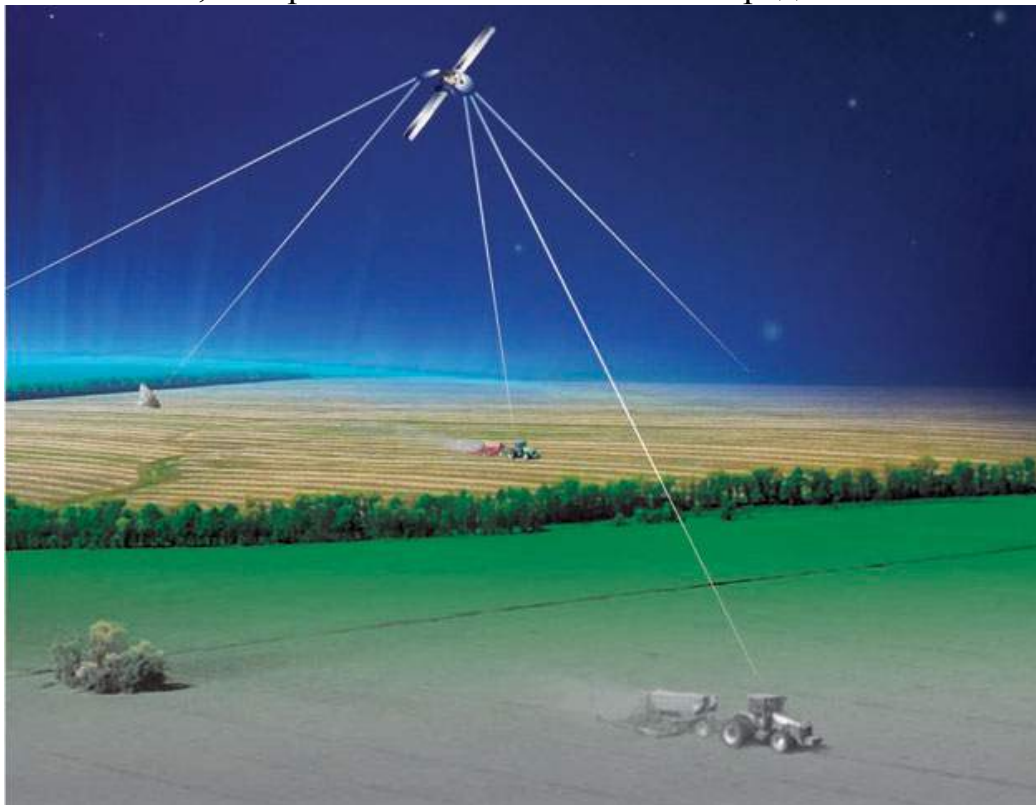


Рисунок 1.1- Общий вид информационных связей навигационных систем

Такая навигационная система, устанавливаемая непосредственно, к примеру, на трактор, включает в себя приемник спутниковой информации (от 3...4-х спутников в каждый момент времени) и бортовой компьютер с программой, обеспечивающей запись текущих координат при движении объекта с заданным временным шагом (Рис.1.2).

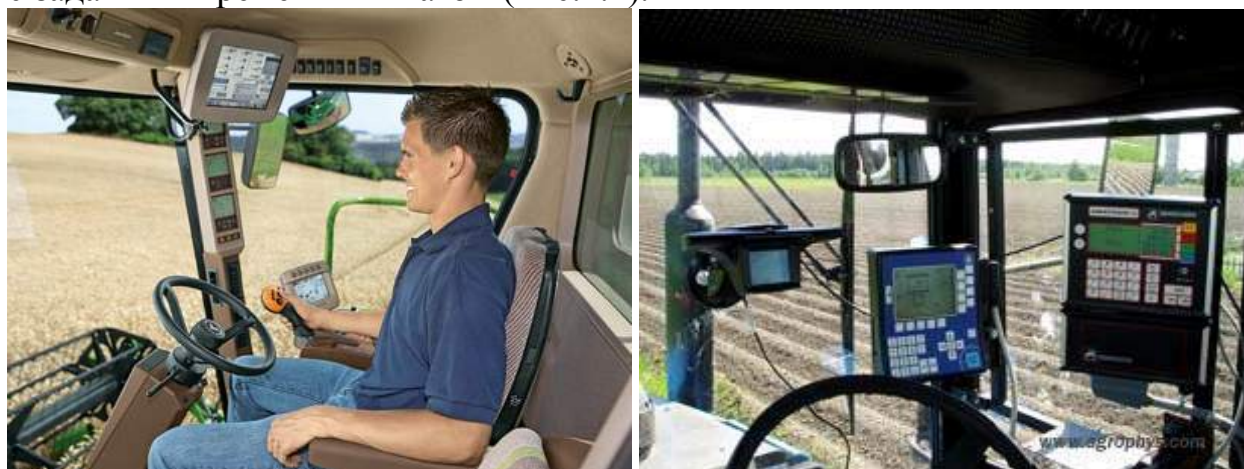


Рисунок 1.2- Бортовые компьютеры в тяговых машинах

Сельскохозяйственные навигационные системы в принципе могут строиться на использовании сигналов любой из двух спутниковых радионавига-

ционных систем или обеих вместе. В настоящее время более предпочтительны ГСП-приемники, использующие сигналы NAVSTAR, поскольку они сравнительно дешевы, имеются на рынке в широком ассортименте и легко встраиваются в аппаратуру любого назначения. Для получения приемлемой для точности 1...5 м необходима дополнительная корректирующая информация.

В Европе до последнего времени использовалась так называемая дифференциальная система позиционирования (ДГСП). На территории, подлежащей контролю, помимо мобильного агрегата выделяется стационарный (неподвижный) объект с координатами, измеренными с геодезической (сантиметровой) точностью, в котором размещается ГСП-приемник – такой же, как и у движущегося объекта, но, как правило, более высокого класса, - и аппаратура на базе мощного компьютера (Рис.1.3). Так как координаты мобильного объекта при поступлении сигналов от спутников фиксируются с довольно высокой погрешностью (до 100 м), то эти данные нуждаются в корректировке, проводимой с помощью координат стационарной позиции. Путем сравнения определяемых координат контрольной точки с их априорными значениями вычисляется систематическая погрешность, которая может быть отнесена и к движущейся сельскохозяйственной технике. Комплекс устройств, размещенных в контрольной точке, образует так называемую дифференциальную станцию, которая позволяет обеспечивать формирование корректирующей информации для определения местоположения неограниченного количества перемещающихся объектов со среднеквадратичной погрешностью не более 3 м, как правило, в радиусе 50 км.



Рисунок 1.3- Вид связей сельскохозяйственной техники с ПЭВМ

Сельскохозяйственные навигационные системы могут выдавать данные, которые необходимо будет впоследствии обрабатывать, в том числе и в масштабе реального времени. Аппаратура для мобильного агрегата выполняется в виде накопителя данных, содержащего ГСП-приемник с вычислителем навигационных определений и малогабаритным блоком энергонезависимой памяти. Затем этот накопитель доставляется на дифференциальную станцию, где данные вводятся в компьютер с хранимыми вычисленными значениями навигационных поправок. С учетом этой корректирующей информации

уточняются ранее определенные на агрегате значения его координат и скорости в каждый момент времени. Далее с помощью программ, разработанных с использованием ГИС-пакетов, осуществляется привязка значений технологических параметров к координатам поля.

Существуют несколько вариантов коммерческих систем ГСП. Характеристики различных систем отличаются друг от друга по числу задействованных каналов, точности измерений и стоимости оборудования.

В нашей стране существуют ГСП, обладающие следующими характеристиками: недифференциальная российская спутниковая система ГЛОНАСС обеспечивает работу с точностью 50...100 м; при совместном использовании ГЛОНАСС и ГСП точность увеличивается до 20 м. Основным преимуществом применения системы позиционирования является то обстоятельство, что навигационные системы помогают сельскохозяйственной технике, оснащенной такой аппаратурой, обрабатывать большие площади с учетом особенностей каждого участка. При переносе этого новшества на отечественную почву, к сожалению, приходится констатировать, что в России нет соответствующей информационно совместимой в масштабе производства сельскохозяйственной техники, оборудованной автоматическими системами мониторинга значений параметров технологического процесса и снабженной автоматическими управляющими системами. В настоящее время в России трудно перейти от концепции развития сельскохозяйственной техники как системы машин к концепции системы автоматизированных производственных процессов.

Одним из наиболее важных направлений современных научных является разработка интерактивных программных средств, обеспечивающих работу новой техники. Усилия ученых должны концентрироваться на различных аспектах этой проблемы, в том числе на разработке и совершенствовании средств связи с мобильной сельскохозяйственной техникой, создании интерфейса между системами принятия решений и управлением мобильными агрегатами. Эти интерактивные средства поддерживают информационные потоки между фермерским компьютером и управляющим фермой.

Для повышения эффективности применения систем глобального позиционирования ученые проводят исследования в направлении повышения точности определения координат, надежности, расширения сфер применения. Ведутся исследования по использованию приемников GPS для вождения агрегатов для внесения удобрений и применения средств защиты по заданному курсу. Имеется и много других преимуществ нового способа вождения с.-х. машин (способность выполнения операций в ночное время, вождение машин-удобрителей с центробежными дисками, осуществление подкормки посевов).

На основе данных об урожайности товаропроизводитель может судить о преимуществах или недостатках конкретной технологии возделывания данной культуры. Изучая изменчивость урожайности в рамках одного поля (на элементарных участках), товаропроизводитель может определить причины, вызывающие это, и устранить их. Многие факторы, влияющие на урожайность,

взаимозависимы. Ключом к интерпретации карт является более глубокое понимание причин, вызывающих изменение урожая, и выявление тех из них, которые обусловлены действиями самого производителя во время выращивания соответствующей с.-х. культуры. Составление карт урожайности эффективно лишь в том случае, когда эта информация будет использована для более обоснованного принятия решения.

Таким образом, повышение эффективности управления производством растениеводческой продукции может быть достигнуто за счет внедрения геоинформационных систем (ГИС) как одного из основных средств сбора, обработки, передачи, отображения и документирования пространственно распределенной информации о состоянии объектов сельскохозяйственного назначения. ГИС можно рассматривать как набор программных средств, позволяющий вводить, хранить, визуализировать, анализировать и обрабатывать (моделировать) пространственно распределенную информацию об изучаемой территории.

В качестве центрального звена в системе управления ее интеллектуальным ядром является *динамические модели* продукционного процесса. Динамические модели используются на всех трех уровнях принятия решений – стратегическом, тактическом и оперативном. Все существующие динамические модели исторически были предназначены для предсказания среднего урожая по полю и его изменчивости, связанной с вариациями погодных условий. Поэтому, по существу, от исследователя требуется модифицировать модель с тем, чтобы получить возможность проанализировать ее чувствительность к вариациям почвенных и ландшафтных параметров и выявить закономерности отклика модели на эту изменчивость. Свойства почвы меняются от точки к точке случайным образом. Вследствие чего учет этой изменчивости при проведении тех или иных технологических операций является одной из центральных задач в точном земледелии. Для выделения единиц управления предлагается использовать динамические модели с тем, чтобы, рассчитав, например, величину урожая за ряд лет при варьировании гидрофизических и иных характеристик почвы объединить затем варианты точечных данных в однородные массивы.

Экспертные системы информационных технологий в точном земледелии выдают советы, проводят анализ, дают консультации, ставят диагноз. Они могут использоваться при планировании сельскохозяйственного производства и для управления в системах точного земледелия. *Структура экспертной системы* состоит из базы данных, базы знаний, подсистемы вывода (множества правил, по которым осуществляется решение задачи), подсистемы приобретения знаний и диалогового процессора.

База данных содержит в себе всю необходимую цифровую и буквенную информацию, на основе которой экспертная система и делает свои выводы.

База знаний является наиболее важной компонентой экспертной системы, на которой основаны ее «интеллектуальные способности». В отличие от всех остальных компонент, база знаний – переменная часть системы, которая может пополняться и модифицироваться экспертами, а также в результате

опыта использования экспертной системы между консультациями (а некоторых систем и в процессе консультации). Существуют несколько способов представления знаний в подобных случаях, однако общим для них является то, что знания представлены в символической форме (элементарными компонентами представления знаний являются тексты, списки и другие символические структуры).

Главным достоинством экспертных систем является возможность накопления знаний и сохранение их длительное время. В отличие от человека к любой информации экспертные системы подходят объективно, что улучшает качество проводимой экспертизы, а при решении задач, требующих обработки большого объема знаний, возможность возникновения ошибки очень мала. Основными отличиями экспертных систем от других программных продуктов являются использование не только данных, но и знаний, а также специального механизма вывода решений и новых знаний на основе имеющихся. Знания в экспертной системе представляются в такой форме, которая может быть легко обработана на ЭВМ. Экспертные компьютерные системы являются первым существенным шагом на пути практических достижений в области искусственного интеллекта. Успех проектирования экспертных систем для моделей точного земледелия связан с эффективностью специализированных средств по внешнему представлению знаний, их дальнейшей обработкой на ЭВМ с целью хранения и извлечения при решении конкретных задач. В результате обработки полученных данных могут выдаваться сигналы управляющему персоналу (главному агроному, ведущему инженеру и т.д.) или непосредственно водителю агрегата для принятия решения и даже для выполнения операции (Рис.1.4).



Навигационный прибор
AgGPS EZ-Guide 500 Lightbar



Подруливающее устройство
EZ-Steer

Рисунок 1.4 – Оборудование для водителя агрегата

Технологии точного земледелия рассматривают каждое сельскохозяйственное поле как неоднородное по рельефу, почвенному покрову, агрохимическому содержанию и подразумевают дифференцированное применение

на каждом участке поля различных доз удобрений и средств защиты растений. Схема структуры точного земледелия представлена на рисунке 1.5.

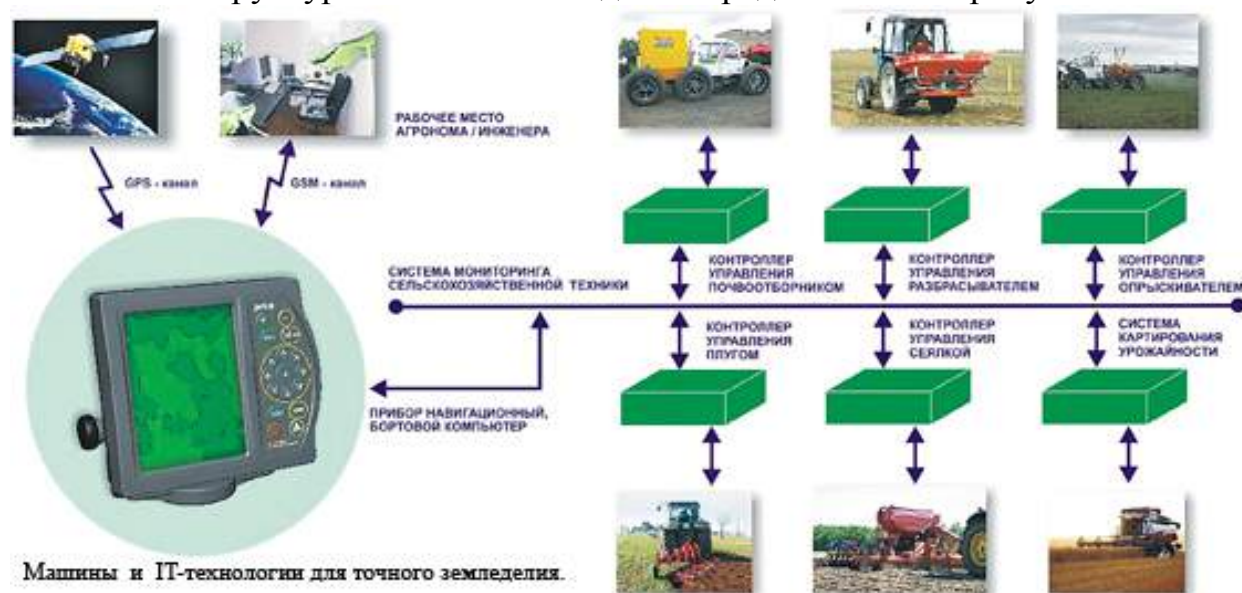


Рисунок 1.5- Структура связей точного земледелия

Реализацией компьютерных систем поддержки агротехнологических решений давно и серьезно занимаются в Агрофизическом НИИ, в котором разработаны теоретические и методологические основы построения единого компьютеризированного технологического пространства в области агрономии, предложен понятийный аппарат компьютерного описания технологических операций и агротехнологий в целом. Системы поддержки принятия решения - СППР или DSS (Decision Support System)- возникли как естественное развитие и обобщение управленческих информационных систем и систем управления базами данных (СУБД) в направлении их большей пригодности и приспособленности к задачам повседневной управленческой деятельности. Экспертная система, являющаяся интеллектуальным ядром СППР, используя формализованные знания экспертов, базу данных хозяйства, стратегию развития хозяйства и интегрированные модели в диалоговом режиме позволяет пользователю синтезировать оптимальные агротехнологии для своего хозяйства. Синтез оптимальной агротехнологии происходит путем адаптации базовой технологии к существующим в хозяйстве ресурсам и выбранной стратегии развития хозяйства.

База данных должна содержать в себе всю атрибутивную информацию, которая используется в работе СППР на всех этапах, то есть на этапе описания базовой агротехнологии, генерации адаптивной агротехнологии и последующего анализа сгенерированной технологии. Также в базе данных хранятся результаты выполнения агротехнологии, которые тоже могут стать входными данными при генерации последующих агротехнологий для конкретного поля. Пользователю СППР должен быть предоставлен широкий набор функциональных возможностей для выработки оптимальных решений для

управления сельскохозяйственным предприятием. Синтезировав адаптивную (применимую в конкретном хозяйстве) агротехнологию, пользователь должен иметь возможность оценить ее по экономическим и экологическим критериям и в зависимости от стратегии развития предприятия. Важным является то, что агротехнические операции, включенные в агротехнологию, можно проводить в режиме точного земледелия (дифференцированно) за счет реализованных механизмов генерации карт-заданий и таблиц агротребований. По мере наполнения базы знаний, в том числе и через Internet, система будет полезной для любого сельскохозяйственного предприятия и должна стать постоянным консультантом для агрономов и руководителей.

1.3 Способы обработки почвы, затраты топливно-энергетических ресурсов на их выполнение, их влияние на плодородие

Науке и практике известно, что механическое воздействие – это наиболее сильная антропогенная нагрузка в земледелии. При этом система земледелия создана для производства продукции растениеводства и представлена распашкой и использованием почв [9, 28, 39, 41, 42, 44-47, 58, 61, 63, 64, 67, 76, 77, 82, 87, 97-99, 106, 107, 117, 118, 119, 122-124, 126, 154, 160, 163, 231, 233-237 и др.]. Обработка почвы в системе земледелия занимает важное место. На её долю приходится около 50 % затрат.

Основной задачей технологического процесса обработки почвы (как подсистемы) является необходимость изменения структурного состава пахотного слоя почвы, который должен обеспечить оптимальные условия роста и развития растений в конкретных условиях каждого поля. Выполнение этой задачи осуществляется при основной обработке. Разновидностями и системами, которой являются мелкая, глубокая, отвальная, безотвальная, ярусная, интенсивная, минимальная, нулевая, мульчирующая, противозерозионная обработки. Причём системы обработки должны быть почвозащитными, энерго-сберегающими, экономически оправданными и безвредными для окружающей среды. Выполнение этих требований связано с обоснованным выбором и оптимальным сочетанием применяемых машин, правильной их регулировкой и агрегатированием.

В системе механизации обработки почвы (с основой, заложенной Докучаевым В.В., Измальским А.А., Вильямсом В.Р., Горячкиным В.П., Желиговским В.А., Василенко П.М.) в настоящее время используется сочетание плужной, плоскорезной, поверхностной и нулевой обработок. Работы Бараева А.И., Мальцева Т.С., Сдобникова С.С., Сулейменова М.И., Зайцевой А.А. посвящены технологическим приёмам защиты почв от ветровой и водной эрозии. Научные труды Рунчева М.С., Липковича Э.И., Чеботарёва М.И., Цымбала А.А. и др. посвящены созданию научных основ разработки механизированных технологических комплексов для растениеводства. Работы Грибановского А.П., Конарёва Ф.М., Мазитова Н.К., Маслова Г.Г., Рунчева М.С., Рыкова В.Б., Сохта К.А., Трубилина Е.И., Чеботарёва М.И. и др. посвящены

вопросам разработки современных механизированных технологий обработки почвы.

Оптимальная плотность почвы при выращивании сельскохозяйственных культур 1000–1300 кг/м³. В частности после вспашки лугово-чернозёмной и лугово-чернозёмновидной почвы она достигает 1235–1240 кг/м³, то есть изменяется незначительно. Твёрдость почвы в пахотном горизонте после обработки снижается с 1,21–0,62 МПа до 0,81–0,41 МПа, в то же время твердость под воздействием ходовых систем машин повышается на 100–300 кг/м³. Многократный проход тяжеловесной техники вызван тем, что современные механизированные технологические процессы особенно на посевах пропашных культур, например, подсолнечника, кукурузы включают 13–15, а сахарной свеклы 20–22 прохода. Из-за сильного переуплотнения нарушается структурное состояние почвы, подавляются микробиологические процессы, снижается урожай. Одновременно с указанными факторами далее при вспашке почвы уплотненной гусеничными тракторами (массой 13,5–20 т) удельное сопротивление почвы возрастает на 16–25 %, тяжелыми колесными тракторами и автомобилями на 44–65 %, транспортными агрегатами (2–3 прицепа) на 72–90 %, а соответственно ему возрастают затраты энергии. При увеличении плотности почвы, резко снижается скорость фильтрации и происходит накопление влаги в пахотном слое из-за нарушения капиллярных связей с подпахотным слоем. Переувлажненность пахотного слоя задерживает предпосевные обработки и способствует активному развитию сорной растительности, необходим подпахотный дренаж, позволяющий отвести влагу, т.е. необходимы дополнительные затраты энергии.

Качество вспашки зависит от конструкции корпуса плуга, геометрической формы и расположения его рабочей поверхности относительно дна и стенки борозды. По конструкции различают корпуса отвальные, безотвальные, вырезные, с почвоуглубителем, с выдвижным долотом, дисковые и комбинированные и т.д.

При отвальной системе вспашки есть возможность качественной заделки пожнивных остатков, но из-за развальных и свальных борозд, которые необходимо ликвидировать, так как они влияют на урожайность, более эффективна гладкая вспашка.

Теоретические основы культурной вспашки плугом с предплужником разработаны академиком В.Р. Вильямсом. Они состоят в том, что наряду с борьбой с сорняками и вредителями, повышается эффективное плодородие за счёт перемещения верхнего слоя вниз на глубину 0,2 м, а нижнего – вверх. Меняя, таким образом, утратившую структуру верхнего слоя на оструктуренную в нижнем слое. При этом оструктуренный нижний слой, оказавшись сверху, не имеет защиты от ветровой и водной эрозии, которая за счет переноса легких фракций почвы (гумуса) ветром, водой снижает плодородие.

К плугам для вспашки относятся: фронтальные, челночные, клавишные, балансирные на канатной тяге и поворотные, лемешные, дисковые плуги. По конструкции рамы плугов бывают с постоянной или регулируемой шириной за-

хвата. Последние снабжены шарнирной рамой и механизмом изменения ширины захвата.

Многочисленные наблюдения на Кубани показали, что после лемешной или плужной обработки (рисунок 1.6) необходимо большое количество дополнительных обработок (до 17 видов).

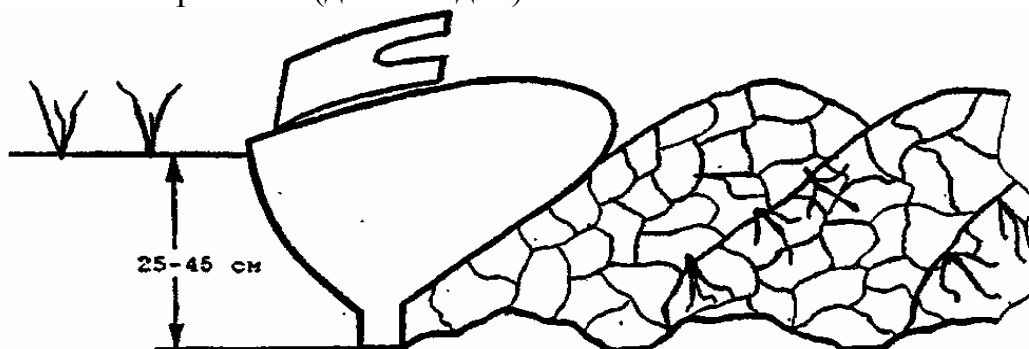


Рисунок 1.6 – Технологическая схема плужной вспашки почвы с оборотом пласта на глубину 25–45 см

При вспашке под озимые (обычно летом, ранней осенью, когда стоит жара, иссушающая почву) плуг выворачивает глыбы земли, которые приходится разбивать дисками, катками, культиваторами, боронами, брёвнами, рельсами и другими средствами расходуя большое количество энергии материальных и трудовых ресурсов.

При вспашке под яровые (весной или в февральские окна, когда почва влажная) плуг нарезает с «оштукатуренной» поверхностью длинные лежащие пласты с глубокими бороздами между ними. Уплотнённая оболочка не даёт возможности быстро просохнуть их сердцевине и оструктуриться. Такое низкое качество ведет также к увеличению в 3–4 раза объемов работ по планировке в предпосевной период, т.е., соответственно, к росту затрат энергии. Также необходимо разуплотнение плужной подошвы.

Гладкая вспашка осуществляется в основном оборотными плугами [118], но также используются приёмы отпашки [63] плугами с лемешными корпусами. Оборотные плуги из-за высокой металлоемкости способствуют повышению уплотнения и распыления почвы.

При основной обработке почвы дисковым (рисунок 1.7), ротационным плугом, который применяют для вспашки тяжелых, твердых почв, засоренных древесными корнями, а также для переувлажненных почв, например, при возделывании риса, или после дождя. Качество обработки данным плугом также требует дополнительных обработок для разбивания комков.

При соблюдении технологии безотвальной обработки (рисунок 1.8), а также с учётом природно-климатических условий и возможности такого фактора как чистота обработки – можно успешно бороться с сорняками и получать высокие урожаи, как зерновых, так и пропашных, в том числе и свеклы. Например, на Полтавщине отказались от чистого пара, он заменён двумя-тремя полупаровыми полями, предшествующими посевам озимой пшеницы с

трёх четырёх кратной обработкой для борьбы с сорняками. Хотя противники именно увеличение засорённости ставят в вину безотвальной обработке.

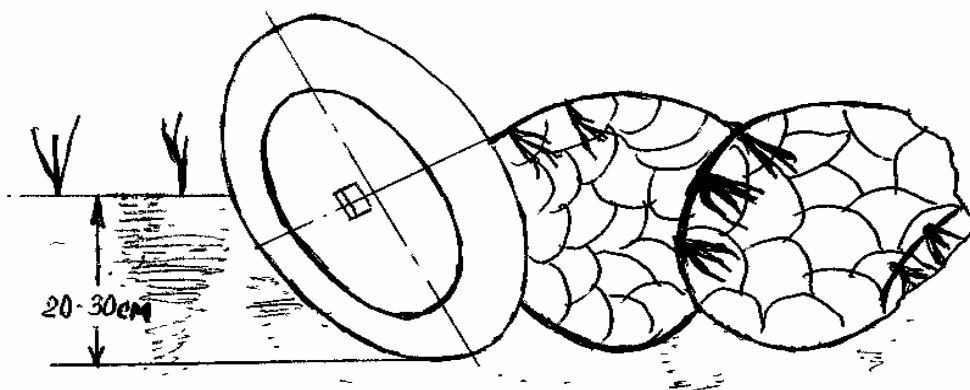
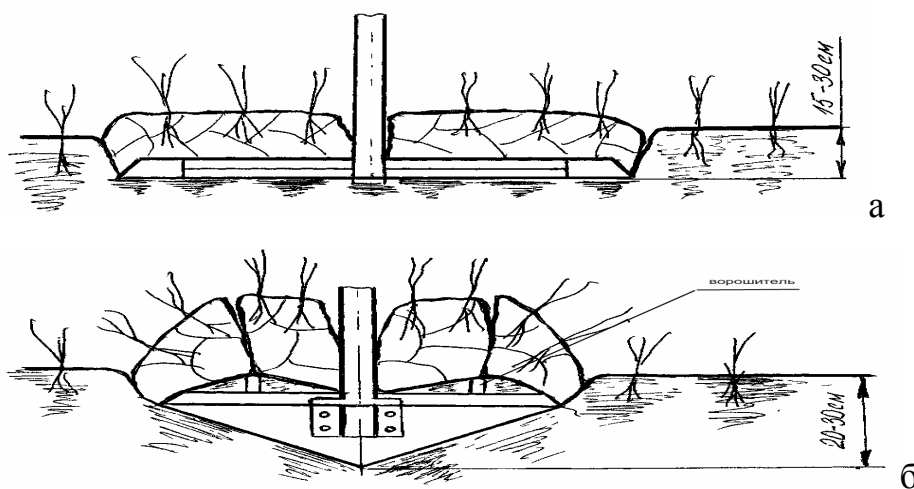


Рисунок 1.7 – Технологическая схема вспашки дисковым плугом

Науке и практике известны следующие способы минимальной обработки: беспашотный, гребневая, с совмещением нескольких технологических операций, с уменьшением глубины обработки.



а – без ворошителя; б – с ворошителем

Рисунок 1.3 – Технологическая схема обработки почвы плоскорежущими лапами (вид сзади)

При беспашотном способе (рисунок 1.9), который заключается в высевании семян в бороздки на полях, имеющих более 30 % покрова из растительных остатков [77]. Операция заключается в прорезании бороздок дисковыми ножами (сошниками, культиваторными лапами) присоединенными к сеялке. Сеялки срезают растительные остатки, оставляя почву неповрежденной. Возможен вариант, когда применяется лапчатая борона, фрезерный культиватор, пропашной культиватор, а также устройство для внесения удобрений и гербицидов. Борьба с сорняками проводится при помощи гербицидов.



Рисунок 1.9 – Общий вид посевов озимых культур по стерне при беспашотном способе обработки почвы

При гребневой (колейной или полосной) обработке, которая заключается в высевании семян в борозды, сформированные в предыдущий сезон. Севу предшествует мелкая, полосная обработка, которая уничтожает ранние сорняки, разравнивает гребни борозд и очищает их от растительных остатков. При полосной обработке почвы не более 30 % почвы должно быть обработано механически, а 25 % должно быть покрыто растительными остатками.

Однако, как известно из заключения «Экспертного совета при Министерстве сельского хозяйства Ставропольского края» [106], переход на нулевую систему потребует ряд организационно, агротехнических и экономических мероприятий, таких как приобретение импортных значит дорогих энергонасыщенных тракторов и машин, у которых необходимо переделать ходовую часть по требованиям экологов. Гербициды как основной элемент обработки имеют высокую стоимость, ведут к загрязнению среды и будут необходимы меры на рекультивацию почвы, что приведёт к росту затрат ресурсов и энергии. Кроме этого, не видно повышение урожаев на полях ПСК «Предгорье-Кавказа» [77], а в Самарской области установлено их снижение [58].

По данным ВНИПТИМЭСХ (г. Зерноград, Ростовской области) установлено [110], что при применении технологий прямого посева зерновых культур (без операций лущения почвы, отвальной вспашки и трех культиваций) затраты труда снижаются на 40 %, расход топлива в 3–4 раза, прямые затраты – в 2–3 раза. Однако пятикратное за сезон внесение гербицидов и высокая их стоимость не обеспечивают снижения себестоимости продукции.

Известно также [164], что из-за высокой эрозии нарушается стабилизация природной среды Кубани, так как распаханность степного ландшафта Краснодарского края превышает оптимальный уровень и достигает 90% и выше. Облесенность сельхозугодий составляет 3,2 %, в то время как минимальная лесистость, необходимая в степных ландшафтах оценивается в 5–

6 %. Агроландшафты в крае стали неустойчивы – сильны эрозия, заиление малых рек, загрязнение водоемов и т.д. Проблему нарушения стабилизации природной среды не удастся снять при помощи лесопосадок, агротехнических и других мер, пока сохраняются предельные размеры пашни. В связи, с чем существует мнение, что для создания рациональных способов уменьшения эрозии, т.е. для повышения безопасности живой природы необходимо:

–выводить активно эродирующие участки из севооборота с последующим залужением, облесением (в ряде ареалов необходимо сокращение пашни до 30 %, что придаст степным ландшафтам устойчивость и биологическое разнообразие), и, что позволит реанимировать природу, принесет при щадящем режиме сенокосов, пастбищ, пасечных хозяйств, мест отдыха и туризма непосредственную пользу;

–сократить операции обработки почвы при выращивании сельхозкультур, т.е. обеспечить минимализацию обработки, позволяющую распределить растительные остатки на полях ровных – 20–30 %, а на длинных неровных – 50–60 %, и снизить затраты труда, топливо, капитальные вложения, повысить производительность.

Известны также некоторые варианты технических средств, применяемые при нулевой обработке почвы в США («Кейс», «Марлисе», «Great-Plains» и т.д.) и импортные варианты сеялок «Конкорд», «Киндза» для посева пропашно-технических культур. Способы сева зерновых культур, заключающиеся в прорезании в почве бороздок дисковыми или культиваторными лапами, в которые высеваются семена, совмещают операции предпосевной обработки почвы и сева. К почвообрабатывающе-посевным комплексам относится и комплекс «Флексикойл» совмещающий культивацию, внесение удобрений, посев семян, выравнивание и прикатывание.

В промышленно-развитых странах мира, например, в Германии применяют аналогичные способы основной обработки почвы, в том числе и совмещенные с севом, а также прямой посев без почвообработки (рисунок 1.10) [230].

Для предпосевной обработки почвы ведущая фирма Западной Европы в области производства сельскохозяйственных машин LEMKEN выпускает комбинированные орудия систем “Компактор” и “Корунд”. Прицепное орудие системы “Компактор” включает следующие последовательно установленные группы рабочих органов:

–выравнивающе-измельчающий каток с рабочими органами кольцеобразной формы;

–ряд долотообразных рыхлительных лап; два ряда стрельчатых лап; выравнивающе-измельчающий каток;

–ряд долотообразных рыхлительных лап прикатывающе-выравнивающий каток с рабочими органами в виде колец с поперечными ребордами.

Вышеуказанные орудия фирмы LEMKEN обеспечивают выполнение всех перечисленных задач предпосевной обработки почвы за один проход после ее основной обработки с минимальными затратами энергоресурсов.

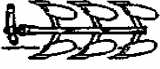












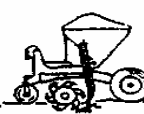

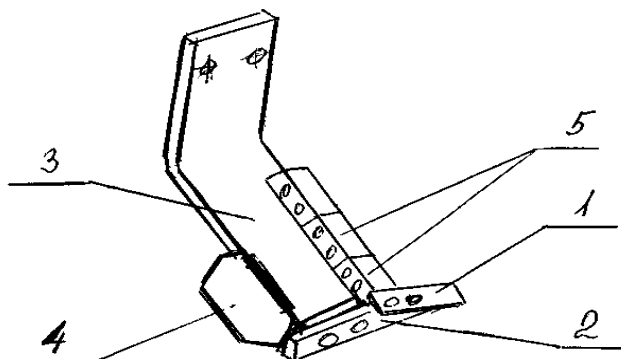
Почвообработка	Виды работ			Способ выполнения операций
	Основная	Предпосевная	Во время посева	
Общепринятая с применением плуга		ИЛИ 		Раздельно
		ИЛИ 		Совмещенный
				Совмещенный агрегат плуга с комбинациями для рыхления и сева
Традиционная - плуг с рыхлителем	ИЛИ 	ИЛИ 		Раздельно
		ИЛИ 		Совмещенный в предпосевном и посевном вариантах
	ИЛИ 			Совмещенный агрегат скомбинированный для предпосевной обработки и сева
Только с рыхлителем	ИЛИ 	ИЛИ 		Скомбинированный с предпосевными и посевными машинами
Прямой посев без почвообработки				Только сев

Рисунок 1.10 – Способы обработки почвы и посева семян и технические средства их осуществления в Германии

Для повышения надежности и долговечности работы орудий их рабочие органы выполнены из пружинной высококачественной стали, кроме сказанного все рыхлительные рабочие органы установлены на секциях с параллелограммной навеской к основной раме, что обеспечивает постоянство установки оптимальных углов крошения почвы.

Через 1,5–2 недели после поверхностного рыхления, в период массового появления сорняков, проводят обработку поля гербицидами типа 2,4-ДА в дозе 2–2,5 кг/га действующего вещества. На 10–12-й день после внесения гербицидов проводят неглубокую (на 12–14 см) поверхностную обработку культиваторами-плоскорезами КПШ-5, КПШ-9, КПГ-250 и др. Спустя еще 1,5–2 недели после первой обработки плоскорезами проводят вторую, доводя общую глубину рыхления до 20–22 см. Для этой цели используют плоскорезы-глубокорыхлители, чизели, плуги-рыхлители «Paraplow» (рисунок 1.11), плуги со снятыми отвалами и другие безотвальные орудия. Если между пер-

вой и второй безотвальными обработками на поле появляются многолетние корнеотпрысковые сорняки и стоит теплая влажная погода, то за 10–12 дней до последней (второй) безотвальной обработки следует применить гербициды типа 2,4-ДА в дозе 2–2,5 кг/га д. в.

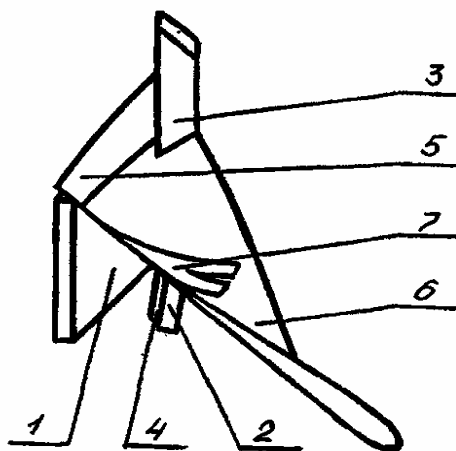


1 – долото; 2 – полевая доска; 3 – наклоненная под угол в 45° стойка; 4 – рыхлительная пластина; 5 – сменные ножи-лемехи

Рисунок 1.11 – Рабочие органы плуга-рыхлителя «Paraplow»:

Однако, в связи с их высокой стоимостью и рядом агротехнических, организационно-экономических мероприятий они не являются панацеей.

На выставках демонстрируют плуги с рабочими органами в виде плужного корпуса «Дельфин» (рисунок 1.12).



1-стойка, 2-башмак, 3-наральник, 4-боковина, 5-грудка отвала, 6-крыло отвала, 7-углосним.

Рисунок 1.12 – Плужный корпус «Дельфин» (вид сверху):

На наш взгляд в плане энергосбережения особый интерес представляют способы безотвальной обработки почвы и плуги чизельные навесные типа ПЧН, ПЧНК выпускавшиеся ОАО заводом «Краснодаррисмаш» в г. Краснодаре (рисунок 1.13), в последнее время выпускаемые в ООО «Рисагросельмаш», Красноармейского района, Краснодарского края. Они предшествуют плугам-рыхлителям блочно-модульным типа ПРБ, в настоящее время производимых в России (рекламы РосАгроТехнологии).



а

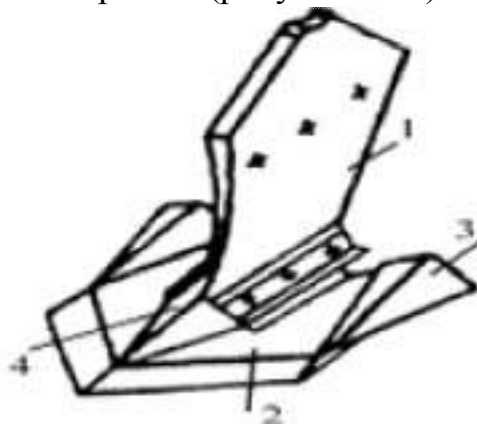
б

а – плуг ПЧН-3,2; б – плуг ПЧНК-4,1 в агрегате с трактором К-701

Рисунок 1.13 – Плуги чизельные навесные
(Россия, город, Краснодар, ОАО завод «Краснодаррисмаш»):

Из отечественных машин для обработки почвы под посев озимых по непаровым предшественникам применяется комбинированный агрегат, который совмещает операции по мелкому поверхностному рыхлению с уничтожением сорняков, выравниванию, мульчированию поверхностного слоя, крошению комков и прикатыванию. Например, КАО – комбинированный агрегат для послойной обработки с двухъярусными рыхлителями с катком выравнивателем и штангой, УНС – универсальный агрегат, выполняющий глубокую обработку до 45 см, КУМ – культиватор универсальный содержащий диски для обработки на глубину 6–8 см, узкозахватные плоскорезные лапы для глубины до 16 см, лопастной барабанный измельчитель и каток уплотнитель. В комплект КУМ входят батареи игольчатых, сферических дисков, полвольные, стрельчатые, плоскорезные лапы и барабанные измельчители почвы, а также выравниватели и шлейф. Поэтому может быть 7 модификаций КУМ. Орудия ВПШ применяются для обработки паровых полей на глубину 4–6 см для снижения испарений, сорняков и накопления влаги из воздуха.

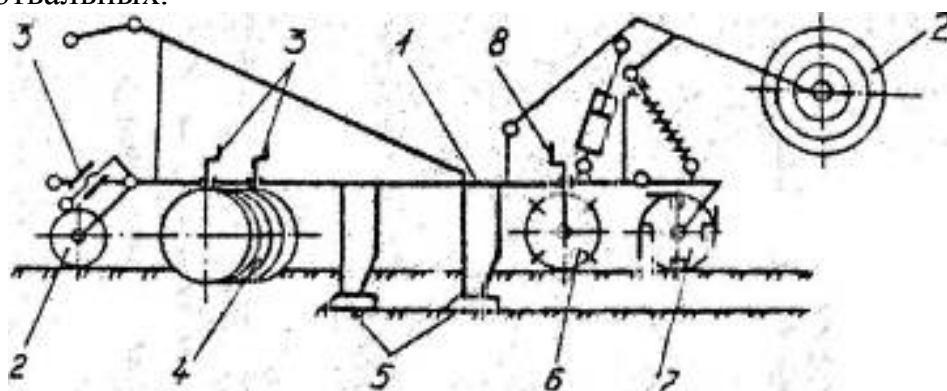
Рабочий орган (рисунок 1.14) для обработки склоновых полей, подверженных водной эрозии, разработанный во ВНИПТИМЭСХ [110] входит в комплект комбинированного агрегата (рисунок 1.15).



1 – стойка; 2 – стрельчатая лапа; 3 – боковые рёбра; 4 – рассекатель

Рисунок 1.14 – Рабочий орган ВНИПТИМЭСХ

Назначение комбинированных агрегатов снизить затраты энергии и количество механизированных воздействий на почву. Комбинированные агрегаты, которые за один проход по полю осуществляют до восьми операций: боронование, внесение удобрений, культивация, выравнивание почвы, посев, прикатывание посевов и т.д. экономически соответственно предпочтительнее. При этом работы В.Б. Рыкова и М.И. Чеботарёва [110, 160] подтверждают, что бесплужная обработка эффективнее плужной. Удельное сопротивление орудий для безотвальной обработки на 40–45 % ниже, чем у орудий отвальных.



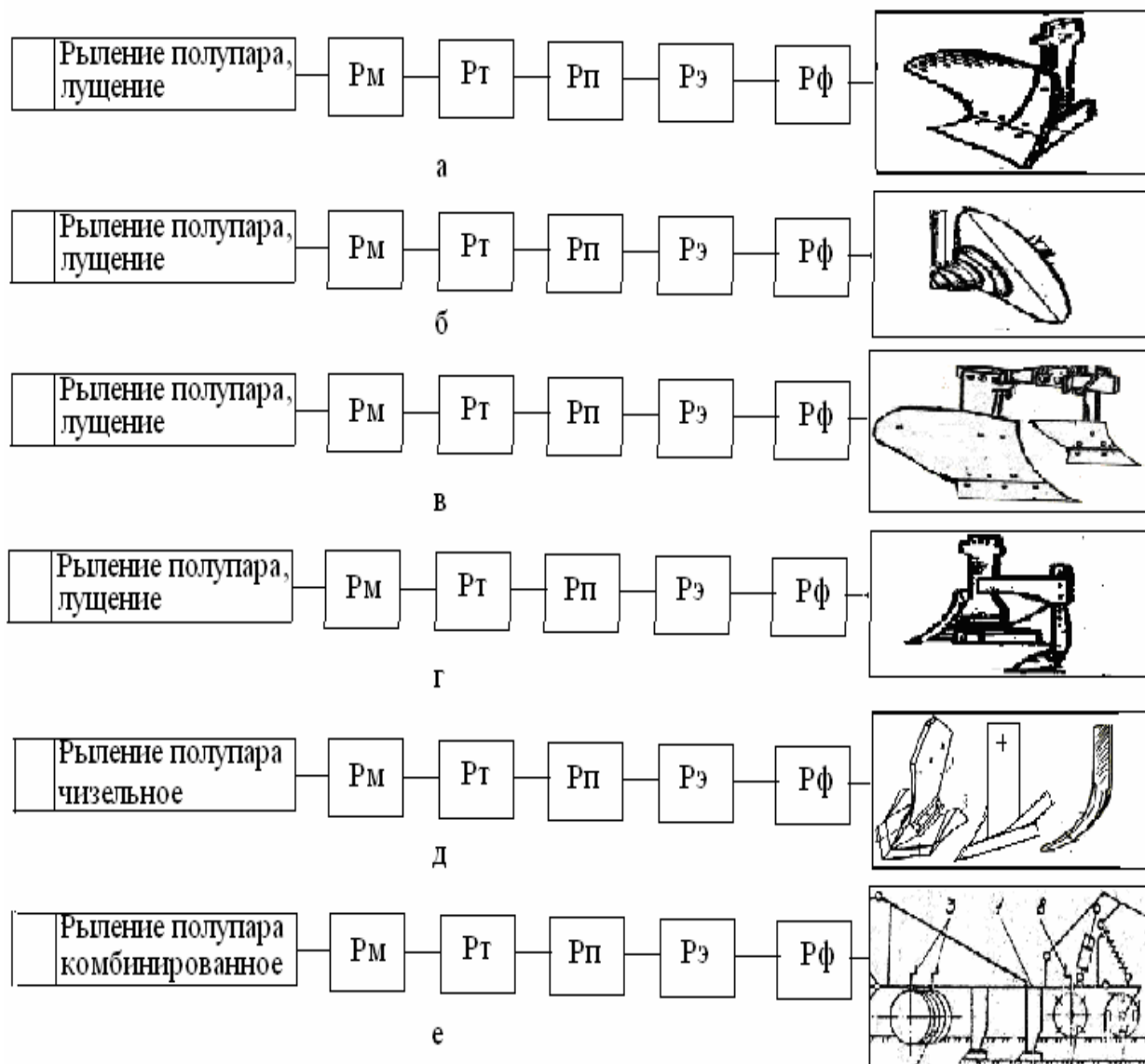
1 – рама; 2 – опорные колеса; 3 – механизм регулирования; 4 – дисковые батареи; 5 – плоскорежущие рабочие органы; 6 – лопастной барабан; 7 – зубовой каток; 8 – стойка

Рисунок 1.15 – Конструктивно-технологическая схема почвообрабатывающего комбинированного агрегата

Установлено, что чем менее благоприятны почвенно-климатические и погодные условия, тем в большей мере «неадаптивность» сельскохозяйственного производства отрицательно сказывается на эффективности, повышает опасность загрязнения и разрушения природной среды. Наиболее эффективно преодолеть негативные тенденции в развитии сельскохозяйственного производства можно на основе полной реализации принципов адаптивности, предусматривающих дифференцированное воздействие на систему «почва + растение» с учетом пространственной и временной изменчивости параметров плодородия почвы и состояние растений. Достаточно выверенной концепцией управления состоянием агроэкосистем при обработке почвы является чередование отвальных и безотвальных обработок почвы с возможностью применения комбинированных разноглубинных воздействий на почву, сочетающих отвальные, безотвальные и поверхностные обработки. Выполненные многочисленные исследования свидетельствуют о недопустимости шаблонных подходов и скоропалительных рекомендаций по обработке почвы к посеву семян как для различных почвенно-климатических зон, но и в пределах одной зоны – для хозяйств с разными агроэкологическими условиями.

Из рекламных проспектов, научных источников и, например, каталога [116] известно, что в СНГ для основной обработки почвы выпускается широкий ассортимент машин. Наименование и технические характеристики «Машины для основной обработки почвы», «Машины и агрегатов для поверхностной обработки почвы с совмещением нескольких технологических опера-

ций», «Почвообрабатывающе–посевных комплексов машин для минимальной обработки почвы» приведены в Приложении 1 (таблицы П 1.1–1.3). Выделим также основные типы рабочих органов (рис. 1.16): при корпусной обработке почвы плугом и лущильником – это лемех и отвал; при обработке дисковым плугом и дискатором – это сферическими диски; при безотвальной обработке почвы – это чизельные лапы; при обработке комбинированными орудиями.



а – с лемешным корпусом; б – с дисковым корпусом; в – с лемешным корпусом с предплужником; г – с лемешным корпусом с почвоуглубителем; д – с безотвальными плоскорежущими лапами, с чизельной лапой; е – безотвальный комбинированный;

Рисунок 1.16 – Схемы типов рабочих органов при рылении полупара

Используя выше приведённые материалы, а также данные приведённые в Приложении 1 нами разработана классификация существующих средств обработки почвы (таблица 1.2). В представленной классификации отражены отвальные, безотвальные и комбинированные средства обработки почвы, в том числе энергетические средства и типы рабочих органов.

Таблица 1.2 Классификация средств обработки почвы

Назначение	Средства обработки почвы		
	Отвальные	Безотвальные	Комбинированные
Для основной обработки почвы или сплошной	<p>1. Плуги лемешные: навесные, полунавесные, поворотные, раздвижные, гидрофицированные, универсальные, унифицированные, комбинированные, полевые, болотные, для каменистых почв, с винтовым отвалом, с роторным отвалом; тракторные кл. 0,9-5 -ширина захвата рабочего органа – 20-50 см</p> <p>2. Плуги лемешные оборотные для гладкой вспашки; тракторные кл. 1,4-5 -ширина захвата рабочего органа – 40-45 см.</p>	<p>1. Плуг чизельный; тракторный (кл. 3-5); Чизели шириной 4,5-6 см или стрельчатые лапы 30-50 см</p> <p>2. Плуг рыхлитель «Paraplow».</p> <p>3. Плоскорез-глубокорыхлитель; тракторный кл. 4-5 с плоскорезной лапой шириной 110-250 см.</p> <p>4. Борона (луцильник) дисковая тяжёлая, тракторная кл. 3; 4; 5; диски, диски вырезные диаметром 45; 50; 57; 65; 75.</p>	<p>1. Агрегат АГ-4.</p> <p>2. Культиватор КН-7,2.</p> <p>3. Культиватор КПС-4Г.</p> <p>4. Культиватор-рыхлитель универсальный КРУ-3,7</p> <p>5. Рыхлитель выравниватель уплотнитель РВУ-6.</p> <p>6. Культиватор комбинированный полунавесной ККП-3,7.</p> <p>7. Агрегат комбинированный АКП-5.</p> <p>8. Агрегат почвообрабатывающий комбинированный АПК</p> <p>9. Культиватор бесцепочный КШУ.</p>
Для основной обработки почвы или сплошной	<p>3. Плуги двухъярусные, навесные, для глубокой обработки; тракторные кл. 1,4-3 -ширина захвата рабочего органа – 30-42 см</p> <p>4. Луцильники тракторные кл. 0,9-3 навесные; ширина захвата рабочего органа 20-40 см</p> <p>5. Плуг дисковый навесной; тракторный кл. 3; диаметр диска – 65-70 см</p>	<p>5. Культиваторы для сплошной обработки почвы; тракторные кл. 1,4-3; стрельчатые лапы с шириной 25-37 см.</p>	<p>10. Культиватор тяжёлый КТ-3,9Г.</p> <p>11. Культиватор противоэрозионный для сплошной обработки почвы; тракторные кл. 1,4-3; стрельчатые лапы с шириной 25-37 см.</p>

На рисунке 1.17 показана схема затрат топлива согласно нормативам [80] при выполнении процессов обработки почвы по операциям. Процессы содержат операции традиционной технологии 1 обработки почвы, почвозащитной (противоэрозионной) 2, совмещенной (комбинированной) 3 и прямого посева 5 по стерне.

Традиционная технология 1 – это операции отдельной обработки почвы такие как: лушение лемешное 1.1, вспашка 1.2 (до 20 см для зерновых), культивация 1.3 (до 12 и до 8 см), дисковое боронование 1.4 и посев 1.5. Сумма затрат топлива составляет от 39,2 до 43,3 кг/га.

Почвозащитная технология 2 состоит из операций чизелевания 2.1, плоскорезного чизелевания 2.2, дискового боронования 2.3 и посева 2.4. Сумма затрат составляет 33,3 кг/га.

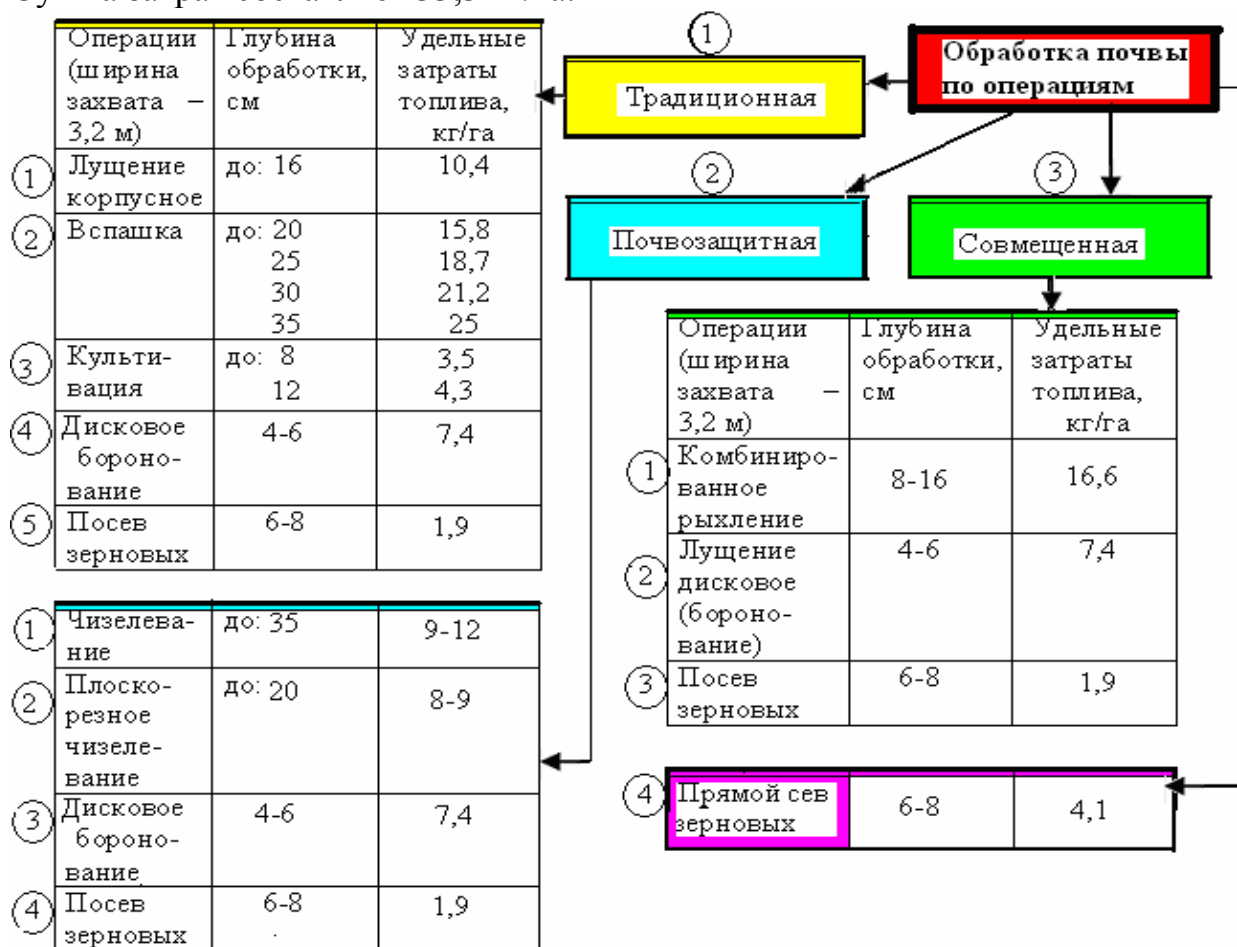


Рисунок 1.17 – Схема затрат топлива при обработке почвы по операциям

Совмещенная обработка почвы 3 при помощи комбинированных орудий с совмещением операций лушения, плоскорезного рыхления, разбивания почвенных агрегатов и уплотнения катками содержит операции: комбинированного рыхления 3.1, лушения дискового или боронования 3.2 и посева 3.3. Сумма затрат составляет 25,9 кг/га.

Прямой посев 4 осуществляется при выполнении нулевой обработки почвы, а расход топлива составляет 4,1 кг/га.

Таким образом, при подготовке почвы под зерновые культуры при вспашке отвальными плугами ПЛН-8-40 удельный расход топлива при вспашке на глубину до 20 см составляет 15,8 кг/га, а при вспашке на глубину 35 см высокий он колеблется в пределах 18–25 кг/га. Кроме этого при негативных погодных условиях для обеспечения качества обработки необходимы дополнительные операции, например, обработка дисковой бороной, удельный расход топлива которой 7,4 кг/га, что влечёт дополнительный расход топлива, от 37 до 125,8 кг/га (на 5–17 проходов соответственно). Увеличение количества проходов почвообрабатывающих агрегатов способствуют увели-

чению эрозии почвы и уплотнению до 1500 кг/м^3 , т. е. деградации, а из-за оборота пласта происходит консервация семян сорных растений.

При безотвальной обработке почвы культиватором тяжёлым противоэрозионным КПЭ-3.8Г или плугами с чизельными рабочими органами ПЧН-3,2 (ПРБ-3) удельный расход топлива при обработке на глубину до 35 см колеблется в пределах 9–12 кг/га. Количество дополнительных проходов, например дисковой бороной на разрушение почвенных агрегатов необходимо в 3–5 раз меньше, т.е. расход топлива на дополнительные проходы снижается до 25,2 кг/га. Уменьшение количества проходов снижает эрозию, уплотнение и консервацию семян сорных растений.

Применение комбинированных разноглубинных воздействий на почву является достаточно выверенной концепцией, а чередование отвальных и безотвальных обработок почвы дает возможность управлять состоянием агроэкосистемы.

При беспашотной обработке почвы расход топлива снижается до минимального, снижается также эрозия, но потребуются переоснащение всего механизированного парка двигателей и сельскохозяйственных машин, так как в основном для данной технологии используются импортные технические средства, а также интенсивное применение минеральных удобрений и пестицидов. При этом для снижения себестоимости продукции необходимо снижение удобрений и пестицидов.

1.4 Состояние современных исследований в области обработки почвы

В своей диссертации 1999 г. исследователь Матюк Н. С. [66] показал следующую информацию, касающуюся негативного воздействия ходовых систем на почву при ее обработке. Воздействие ходовых систем тракторов и мобильной сельскохозяйственной техники на почву при современных технологиях возделывания полевых культур приводит к ухудшению агрофизических, биологических и технологических свойств как пахотного, так и подпахотного слоев: плотность увеличивается на $0,10...0,22 \text{ г/см}^3$, твердость – на $8...10 \text{ кг/см}^2$, общая пористость и скважность аэрации уменьшается на $5...14 \%$, засоренность посевов увеличивается на $30...70 \%$. Вследствие этого недобор урожая полевых культур составляет от 6 до 15 % и увеличивается с ростом удельного давления тракторов на почву и числа их проходов по полю. По отрицательному действию тракторов на плодородие почвы и продуктивность полевых культур тракторы можно расположить в следующем порядке: ДТ-75М < Т-150 < МТЗ-80 (МТЗ-82) < Т-150К < К-700 (К-701). При систематическом многократном воздействии ходовых систем тракторов и почвообрабатывающей техники на почву происходит накопление и сохранение остаточной деформации, особенно в подпахотных слоях. Причем, это явление носит кумулятивный характер и идет быстрее, чем процесс саморазрыхления дерново-подзолистой почвы под действием природных факторов. Существенное снижение урожайности озимой пшеницы и картофеля от переуплотнения

подпахотных слоев наступает после 6 проходов в сумме за три года тракторов Т-150 и Т-150К и 4 проходов трактора К-700 в течение двух лет. При исключении механического воздействия слой почвы 20...40 см саморазрыхляется до равновесного состояния только через 16 месяцев. При механической обработке уплотненной почвы ухудшается качество ее разделки: глыбистость поверхности пашни увеличивается в 1,5...2 раза, коэффициент крошения пласта в 1,2...1,3 раза, сопротивление обработке возрастает на 52 %. Применение на посевах зерновых культур широкозахватных и комбинированных посевных агрегатов значительно уменьшает отрицательное влияние ходовых систем тракторов на почву и урожайность полевых культур. Посевные агрегаты в составе гусеничных и пневмогусеничных тракторов с тремя сеялками СЗ-3,6 меньше уплотняют почву и снижают урожайность полевых культур сплошного сева по сравнению с агрегатами, включающими колесные тракторы Т-150К и К-700. Для улучшения фитосанитарного состояния почвы и посевов периодическое глубокое чизелевание необходимо сочетать с более мелкими отвальными и безотвальными обработками и применением высокоэффективных гербицидов, особенно в борьбе со злаковыми сорняками. Для уменьшения отрицательного влияния ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на плодородие дерново-подзолистой почвы применять минимальные обработки, широкозахватные и комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты в составе с тракторами, движители которых обеспечивают агротехнически допустимый уровень деформации. Установлена высокая эффективность чизелевания на глубину 38...40 см в системе основной обработки почвы под озимые и на глубину.

В то же время необходимо отметить, что в своей работе исследователь Матюк Н. С. не учитывал вопросы компенсации ущербов из-за срывов агросроков при обработке почвы.

Татаров Н. Т. в 1999 г. в диссертации «Совершенствование технологии основной обработки почвы и обоснование конструктивных параметров плуга-плоскореза» [153] отметил, что современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, основанные на многократных проходах все более тяжелых машинно-тракторных агрегатов, пришли в противоречие с естественными природоохранительными процессами: наблюдается все большее распыление верхнего и уплотнение нижнего слоев почвы. Вследствие этого расширяются зоны ветровой и водной эрозии, снижается эффективность вносимых удобрений и падает урожайность сельскохозяйственных культур. На первый план выдвигаются вопросы, связанные с экологией, расширенным воспроизводством почвенного плодородия, снижением энергоемкости процесса обработки, сокращением количества проходов, совмещением ряда операций в едином технологическом процессе. В связи с чем разработан плуг-плоскорез с шириной захвата 2,4 м. Рациональными местоположениями, обеспечивающими минимальное тяговое сопротивление при оптимальной нагрузке на опорное колесо и соблюдение агротехнических требований равномерности глубины хода рабочих органов, являются переднее положение лапы, заднее положение опорного колеса, нижнее положение оси подвеса и

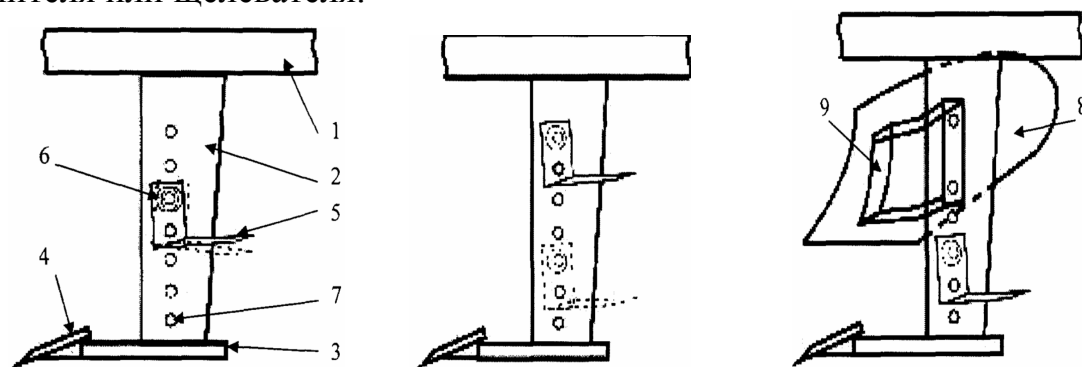
левое положение линии тяги. При движении пахотного агрегата по полю челночным способом остается чередование стерневых кулис шириной 1,9 м и вспаханных участков поля шириной 2,8 м. Данный предложенный рабочий орган можно рекомендовать распространению для определенного вида почв.

В своих исследованиях в 2005 г. Золотарев С.А. [37] отметил, что по экспертным оценкам основная обработка почвы с оборачиванием поверхностного слоя будет осуществляться до конца текущего десятилетия на 55-60 % посевных площадей. Но вспашка является самой энергоемкой операцией в растениеводстве, на ее осуществление приходится около 40 % общих энергозатрат по подготовке почвы. Широко используемые оборотные плуги, работающие на старых принципах отваливания пласта в сторону, несколько улучшают качество обработки, но имеют серьезные технико-эксплуатационные недостатки. В связи с этим актуальной научно-технической проблемой является разработка альтернативной технологии вспашки, предусматривающей полный оборот почвенных пластов и их укладку без поперечного смещения в собственные борозды. В результате пахотный слой не смещается в сторону, как при традиционном способе вспашки, а остается на своем месте. Обернутые на 180° почвенные пласты образуют выровненный слитный почвенный горизонт, что и дает основание назвать такую технологию обработки почвы гладкой вспашкой. В условиях южных регионов России, Поволжья, Центрального Черноземья тракторы семейства "Кировец" (К-700А, К-701, К-744Р1, К-744Р2), являются основными энергосредствами, используемыми при обработке почвы. В тяговом классе 5 созданы новые модели других заводов: Т-250 "Алтрак", ВК-170, МТЗ-2522В и МТЗ-2822В. Тракторы ведущих мировых производителей, поступающие в Россию, имеют мощность 200-400 кВт и более ("Джон Дир", "Катерпиллер", "Клаас", "Фенд" и др.). Эффективность использования тяговых возможностей тракторов в значительной степени зависит от потенциальных возможностей рабочих машин, агрегируемых с ними. Установлено, что после гладкой вспашки возможно сокращение 1-2 дополнительных обработок по выравниванию и крошению почвы, что несомненно приведет к ресурсосбережению.

Юнусов Г. С. в 2005 г. в своей диссертации [165] предложил усовершенствованную энерго-влажносберегающую, экологически безопасную технологию предпосевной подготовки почвы, заключающуюся в последовательном воздействии на нее в едином технологическом процессе за один проход агрегата набора рабочих органов, осуществляющих двукратное дискование, сплошную поверхностную плоскорезную обработку (на глубину большую, чем дискование), выравнивание и крошение почвы или поверхностную плоскорезную обработку, дополнительное крошение и уплотнение поверхностного слоя почвы. Разработанная технология поверхностной обработки почвы с использованием блочно-модульного агрегата снижает уплотнение почвы, обеспечивает образование мульчирующего поверхностного слоя, в котором сохраняется стерня и другие органические остатки, вследствие создания лучших водно-физических условий, повышается биологическая активность почвы. При такой обработке поверхностный слой почвы более устойчив к

разрушению его ветровой и водной эрозией, чем обеспечивается экологическая безопасность.

Исследователем Борисенко И. Б. в 2006 г. (2006 г.) предложена почвозащитная технология [12], реализуемая с помощью усовершенствованных чизельных орудий, которая относительно отвально-лемешной вспашки позволяет снижать потери органического вещества в 3,2 раза, накапливать фосфора в 1,2-1,6 раза больше, калия – до 12 %, азота – до 30 %. Чизельная обработка на глубину 35-40 см разрушает «плужную подошву», влияет на запас и перераспределение по слоям почвы продуктивной влаги и корневой массы растений. Запас продуктивной влаги в слое 0-30 см в период сева яровых на 19-38 % выше по чизельному фону. Развитие корневой массы озимой пшеницы на 40-45 % также выше по чизельному фону относительно отвала. Новая конструкция чизельного рабочего органа с перемещаемым вдоль стойки отвалом, позволяет рыхлить почву на глубину отзывчивости растений (до 45 см) и оборачивает поверхностный слой – на 15-20 см, где наиболее активно протекают процессы гумусообразования. Комбинацией высоты расположения отвалов достигается гребнистость почвы, исключая или существенно снижающая водную эрозию на склоновых землях. Замена в технологии производства яровой пшеницы пахоты плугом ПН-4-35 на чизелевание орудием ПЧВ-5-40 (с отвалом) снижает количество нормо-смен на 21 % и расход топлива на 20 %, а в общей технологии производства пшеницы, соответственно, на 10,9 % и 8,6 % с повышением урожайности на 10... 15 %. На рисунке 1.18 показана схематично новая конструкция чизельного рабочего органа. При этом рабочий орган может быть применен в качестве чизельного глубокорыхлителя или щелевателя.



рама 1, стойки 2, башмак 3, накладное долото 4, пара подрезающих крыльев 5, пара болтов и втулки 6 с эксцентриковыми смещениями, отверстия 7, отвал 8, кронштейн крепления отвала 9

Рисунок 1.18 – Рабочий орган «Ранчо», патент РФ №2399177 от 20.09.2010 г.

Результаты исследований данного автора можно использовать при формировании высокоэффективных агрегатов для основной обработки почвы.

Карапетян М. А. (2010 г.) в диссертации [43] выделил и обосновал структурную схему экологических взаимосвязей системы "Трактор-

технология-почва". Экологической совместимостью этой системы и внешней среды принята совокупность показателей, обеспечивающих минимальное уплотнение почвы и воспроизводство культурной растительности. Реализация этой системы позволяет оценить нанесение экологического ущерба в конкретных условиях, выбрать подходящую систему машин и технологию, уточнить параметры ходовых систем тракторов и машин. При условии обеспечения расчетной производительности, в каждом конкретном случае на систему накладываются ограничения по степени уплотнения и минерализации почв в соответствии с требованиями каждого региона. В качестве критериев экологической оценки уплотняющего воздействия ходовых систем сельскохозяйственной техники применяются следующие показатели: степень крашения почвы при обработке; глубина распространения уплотнения; глубина колеи; изменение прочностных характеристик почвы; разуплотнение почвы под действием природных факторов; нарушение почвенного покрова; минерализация почв, выражающаяся в переходе питательных веществ в усвояемые формы под действием буксования движителей. Одним из важных параметров взаимосвязи системы движитель-почва является несущая способность почво-грунтовых опорных оснований, характеризующих проходимость МТА и уплотнение почвы. Аналитически определено значение критерия колееобразования:

$$K_o = \frac{g_o}{g_s} = 0,293, \quad (1.1)$$

где g_o – несущая способность почвогрунтовых опорных оснований; g_s – уплотнение почвы.

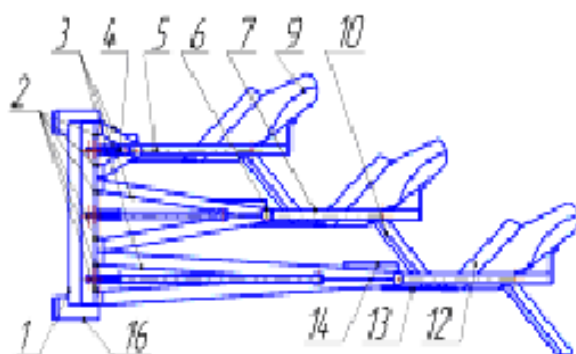
Получена зависимость для определения величины и характера распределения нормального давления на почву по звену гусеничного движителя и всему опорному участку гусеницы, которая включает как конструктивные основные параметры ходовой системы, так и эксплуатационные показатели трактора. Результаты расчетов по предложенной зависимости хорошо согласуются с экспериментальными данными (расхождения несущественны при 5 % уровне значимости). Установлено, что глубина колеи под движителем представляет собой сумму деформаций уплотнения и сдвигов. На основании этого положения выведены математические модели глубины колеи и уплотнения почвы в колее при однократном и многократных проходах движителя с учетом линейных и нелинейных составляющих деформаций уплотнения и сдвигов почвы. Для практических расчетов глубины колеи и уплотнения почвы в колее достаточно знать численные значения трех величин: коэффициента линейной деформации, несущую способность и предельную деформацию. Степень деформации зависит от физико-механических свойств почвы, ее влажности и плотности, величины нагрузки, задернелости почвы. При повторных проходах машин происходит более интенсивное накопление деформации, что может привести к разрушению структуры почв. Задернелые поверхности обладают повышенной прочностью. Поэтому одним из важных экологических требований к работе сельскохозяйственных машин является сохранение дернового покрова и со-

хранение условий его возобновления. В результате исследований на полигоне уплотняющего воздействия гусеничного трактора ДТ-175С определены допустимые с точки зрения экологии пределы уплотнения почвы и нарушения травяного покрова. Так, для увлажненных минеральных почв отношение q_{max}/q_{cp} должно быть в пределах 1,3-1,5; для почв с дерновым покрытием экологически допустимое давление q_3 должно быть в пределах 0,012-0,018 МПа. Степень нарушения травяного покрова не должна превышать 25-30 %. В результате обработки литературных данных и собственных исследований составлена шкала характеристики растительных свойств дерново-подзолистой почвы при различной плотности установлено, что пороговое значение плотности, при котором прекращается или сильно затрудняется рост корней растений, находится в диапазоне 1,65-1,70 г/см³. Полученная информация имеет ценность при разработке моделей работы почвообрабатывающих агрегатов.

Из исследований в 2007 г. Иванова Д.А. [38] известно следующее. Под воздействием осенних проходов тяжелых тракторов типа Т-150К в условиях юга лесостепной зоны России плотность сложения пахотного слоя чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого увеличилась с 1,14 до 1,40 г/см³ с колебаниями от 1,36 до 1,46 г/см³ в годы с различной влажностью почвы при закладке опыта. Уплотнение распространяется на глубину до 80 см. Увеличение плотности сложения носит логарифмический характер. Механическое уплотнение чернозема выщелоченного повышало содержание глыбистой фракции и понижало содержание агрономически ценных агрегатов, как в пахотном так и в подпахотном слоях почвы. Однократные проходы трактора Т-150К вызывали слабую деградацию структурного состояния чернозема выщелоченного. Четырехкратные проходы вызывали – сильную. При наложении уплотнения во второй год под посев однолетних трав негативное воздействие на структурное состояние возрастало. С увеличением механической нагрузки на чернозем выщелоченный засоренность посевов однолетних трав возрастала до уровня плотности сложения 1,21 г/см³ (двукратное уплотнение). Максимальное воздействие ходовой системы трактора Т-150К снижало урожайность в звене севооборота с 13 % (0,20 т/га) в посевах ячменя до 45 % (4,94 т/га) в посевах однолетних трав. Последствие уплотнения на изменение продуктивности сохранялось и в посевах костреца 1-го и 2-го года пользования. Продуктивность посевов ячменя при уплотнении снижалась в основном за счет уменьшения продуктивного стеблестоя, однолетних трав и костреца безостого - за счет общего стеблестоя и высоты растений. Незменно при уплотнении снижалась доля культурного сообщества в составе агрофитоценозов. Полученные исследования также могут быть использованы при разработке целевых функций оптимизации затрат на почвообработку.

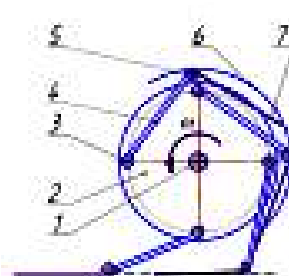
В работе в 2011 г. Николаева В. А. [80] показано следующее. При вспашке в почве преобладают энергозатратные деформации объемного сжатия, смятия, сдвига фрагментов пласта по большой площади, а также зажатое резание; в связи с кратковременным воздействием элементов корпуса плуга на почву, велики силы инерции почвы, которые увеличивают ее сопротивление при вспашке; точки приложения результирующих сил воздействия кор-

пуга на почву по координатным осям находятся друг от друга на значительном расстоянии, поэтому корпус плуга не уравновешен; моменты этих сил вынуждают увеличивать массу плуга и затраты энергии на вспашку; расчетные удельные затраты энергии на перемещение корпуса плуга при вспашке со скоростью 2 м/с тяжелых суглинков составили 107,8 кДж/м³, при этом нерациональные затраты энергии, в частности, на преодоление сил трения между нижней фаской лезвия лемеха, полевой доской и почвой, сдвиг пласта грудью отвала составляют не менее половины общих затрат энергии. На основе анализа взаимодействия элементов рабочих органов классического плуга с почвой разработан плуг с уравновешенными корпусами, у которого точки приложения по координатным осям результирующих сил воздействия корпуса на почву при вспашке совмещаются. Установлены его конструктивные параметры, в частности, в проекции на продольно-вертикальную плоскость рациональное расстояние от носка лемеха до оси вертикального шарнира 0,23 м, до оси ножа – 0,315 м, а до носка лемеха соседнего корпуса 0,77 м. Для обработки поверхностного слоя физически спелых почв совместно с плугом, или в сцепке рационально применять комбинированное орудие шириной захвата 1,2 м, содержащее плуг (Рис. 1.19) и ударное устройство (Рис. 1.20). Предложенные комбинированные агрегаты можно включить как один из вариантов в комплексы по обработке почвы.



1- навесное устройство; 2- горизонтальный шарнир; 3 – грядиль; 4 – амортизационное устройство; 5 – цепь; 6 – вертикальный шарнир; 7 – поводок; 8 – элементы крепления; 9 – отвал; 10 – левый лемех; 11 – крепление левого лемеха; 12 – правый лемех; 13 – нож; 14 – башмак грядиля; 15 – пружина ножа; 16 – башмак навесного устройства

Рисунок 1.19 – Схема плуга вид сверху



1 – вал; 2 – диск; 3 – ось поводков; 4 – поводок; 5 – ось; 6 – направляющая; 7 – рабочие органы

Рисунок 1.20 – Схема ударного устройства к комбинированному орудю обработки почвы

Новожилов А.И. (2011 г.) в своей диссертации [81] показал, что традиционные методы использования механизированных технологических комплексов в производственных процессах растениеводства, ориентированные на средние климатические условия и нормативные эксплуатационные показатели работы технических средств, не обеспечивают эффективных и стабильных результатов производства сельскохозяйственной продукции. Природно-климатические факторы в сочетании с погодными являются главным ресурсом земледелия. Климат определяет тип культур, выращиваемых в дан-

ном регионе, а фактическая погода в течение сезона – функцию роста этих культур. Определяющими факторами роста сельскохозяйственных культур являются свет, тепло, влага, питание (Рис. 1.21).

Определено влияние метеоусловий на эксплуатационные показатели работы машинно-тракторных агрегатов. Расход топлива с 5,7 кг/га в теплый сезон возрастает до 9,7 кг/га в холодный сезон, производительность относительно среднего сезона уменьшается в холодный год на 14 % и возрастает в теплый сезон на 18 %. С увеличением коэффициента подобия с 0,8 до 1,2 производительность увеличивается в 1,3 раза. Установлен коэффициент адаптации потребности удобрений по Нижегородской области и Борскому району по годам-аналогам, который позволяет корректировать дозу внесения удобрений (до 15 %) и технологии их внесения.



Рисунок 1.21 – Функциональная модель роста культуры

Представлены методики: - заблаговременного учета складывающихся погодных условий при сезонном использовании механизированных технологических комплексов; - сбора информации и выявления зависимостей эксплуатационно-технологических показателей использования машинно-тракторных агрегатов от складывающихся погодных условий; - составления оптимальных сезонных расписаний функционирования механизированных технологических комплексов; - имитационного моделирования сезонного использования механизированных технологических комплексов в производственных процессах растениеводства; - проектирования стратегического состава МТП для формирования механизированных технологических комплексов и их сезонного использования. При составлении плана механизированных работ исследовался подекадный ход теплообеспеченности в период проведения работ. Использовались данные метеостанции «Мыза» за 80 лет. Внедрение методов

оптимизации сезонного использования механизированных технологических комплексов в производственных процессах растениеводства позволяет в 1,3-1,4 раза повысить производительность труда с 13...15 % -ным снижением комплексных затрат. Оригинальный подход к исследованию в виде имитационного моделирования позволил получить адекватные данные для определения энергозатрат. Такие имитационные модели могут стать частью программного обеспечения для точного земледелия.

Абаевым В. В. (2011 г.) в диссертации [1] продемонстрирована структурная схема системного подхода к обоснованию оптимальной системы ресурсосберегающих технологий комплексной уборки зерновых колосовых культур с их техническим обеспечением представлены три уровня иерархии:- оптимизация системы ресурсосберегающих технологий комплексной уборки зерновых колосовых культур;- оптимизация технического оснащения выбранной системы технологий с обоснованием типоразмерного ряда комбайнов и ТКМ;- оптимизация параметров и режимов работы многофункционального уборочно-почвообрабатывающего агрегата (УПА) на базе энергонасыщенных полноприводных комбайнов классов 8-12 кг/с и выше с целью повышения эффективности их использования на других полевых работах.



Рисунок 1.22 – Технологическая схема УПА

Предлагаемая технология уборки имеет преимущество по сравнению с раздельным выполнением операций по экономии энергии и затрат труда: совокупные затраты энергии снижаются на 19,5 %, а трудовые затраты – в 2,8 раза. Параметры оптимизации: -тяговое сопротивление прицепного орудия при массе комбайна 19,8 т не должно превышать 34,9 кН. Возможность агрегатирования УПА с дисковой бороной БДЛ-7 и пропашной сеялкой Кинзе подтверждена экспериментальными исследованиями. Затраты мощности на перекачивание агрегата $N_f = 7...10,6 \%$, технологический процесс НТП – $72... 79,7 \%$, на тягу прицепного орудия $N_T = 2,5...4,1 \%$ в зависимости от урожайности, приведенной подачи, ширины захвата хедера и рабочей скорости движения. При этом коэффициент использования мощности двигателя составляет $0,85...0,89$. Использование УПА на других полевых работах кроме уборки, как показали расчеты на примере модельного хозяйства, позволяет сократить общую потребность в тракторах на 25 %. Применение накопителей-перегрузчиков зерна вместо автомобильного транспорта, что способст-

вует вместе с оптимальными агросроками уборки (4...9 дней) и мульчирующей технологией устранению тенденций потерь гумуса и уплотнения подпахотных слоев почвы. Технологические, технико-эксплуатационные, экономические и экологические параметры технологии с применением УПА подчеркивают его высокую эффективность. Последний выполняет операции уборки зерна с одновременным рыхлением почвы, при этом общие потери зерна за комбайном не более 1,15 %, чистота зерна – 96,3 %, дробление – 0,6 %, удовлетворительное измельчение соломы (частицы до 12 см составляют 88 %), средняя глубина обработки почвы 4,5 см ($\pm 0,9$ см) при содержании комков размером до 2,5 см 75,2 %, высота гребней – 4,2 см. По экологическим параметрам глубина колеи от прохода комбайна не превышает 5 см, а удельное давление на почву – не выше 100 КПа. В структуре составляющих совокупных затрат энергии на производственные процессы уборки урожая с одновременным рыхлением почвы и транспортировки зерна на ток максимальную долю (35,1 %) занимают энергозатраты на производство и обслуживание уборочных машин (142,9 МДж/т), на втором месте – энергозатраты на рабочий процесс уборки зерна и рыхления почвы (27,04 %), на третьем – энергозатраты на транспортировку зерна (14,76 %) и на последнем – энергозатраты живого труда (0,2 %). Однако данный системный подход не отражает комплексное формирование групп работающих агрегатов на отдельных операциях обработки почвы: их количество, получения минимума затрат и компенсацию от срыва сроков и от уплотнения почвы.

В диссертации (2012 г.) Кобякова И. Д. [48] отмечено, что унифицированные серийные (плоские и сферические) диски с гладкими лезвиями, устанавливаемые на различных почвообрабатывающих орудиях, работают в условиях различного технологического воздействия на почвенно-растительную массу, что является основной причиной несоблюдения агротехнических требований, предъявляемых к основной и поверхностной обработке почвы. Это снижает технологическую надежность работы почвообрабатывающих машин, качество обработки почвы, повышает энергетические затраты. Для обеспечения эффективного резания почвенно-растительной массы угол защемления разрезаемого стебля не должен превышать сумму углов трения стебля о лезвие и почвенный подпор. При этом величина угла защемления зависит от толщины и шероховатости кромки лезвия, а углы трения – от вида и влажности разрезаемых стеблей и их расположения относительно плоскости резания. На защемление единичных стеблей положительное влияние оказывает наличие перед разрезаемым материалом почвенных выступов, ограничивающих выскальзывания стеблей из-под лезвия, и кинематический параметр ножа. На тяговое сопротивление ножа существенное влияние оказывают твердость почвы, скорость перемещения и форма и конструкция лезвия ножа. Рациональная форма лезвия рабочего диска – шестиугольная, имеющая наименьший угол защемления $\alpha = 33...43^\circ$ с чередующейся заточкой рядом лежащих граней (Рис. 1.23).

При погружении режущих дисков в почвенный пласт на глубину от 0,08 до 0,12 м эффективность защемления и резания соломисто-растительной

массы у шестиугольного ножа повышается в 1,8...2 раза по сравнению с круглым. Резание почвенно-растительной массы в состоянии растяжения осуществляется в основном кромкой лезвия и в этом случае угол заточки и толщина лезвия дисков на работу резания существенного влияния не оказывают. Тяговое сопротивление шестиугольного ножа меньше сопротивления круглого на 18...26 %, а момент вращения – больше на 28...36 %. Увеличение нагрузки (0...100 Н) при растяжении растительной массы уменьшает работу на резание: соломы на 30...62 %, корней люцерны на 55...60 %, конопли на 34...41 % (при толщине кромки лезвия 172...1194 мкм). Предлагаемые рабочие органы можно включить в базу данных при формировании состава почвообрабатывающего агрегатов.



а

б

в

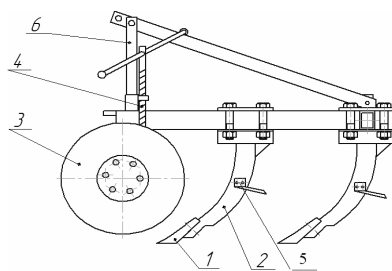
а – сферический диск; б – двухсекционный луцильник с экспериментальными рабочими органами; в – дисковый нож

Рисунок 1.23 Экспериментальные образцы рабочих органов

Кравченко В. А. (2012 г.) в своей диссертации отметил [56], что одними из основных факторов, определяющих выходные показатели МТА, являются «инерционные вращающиеся массы» двигателя. Для трактора класса 1,4 оптимальной автоматически управляемой дополнительной «инерционной» вращающейся массой двигателя является 1,8...2,0 кг·м², что по сравнению с серийным агрегатом при трогании и разгоне МТА уменьшает загрузку двигателя на 5...8 %, общее время разгона на 35...40 %, а при переключении передач под нагрузкой обеспечивает повышение скорости движения на 5 %. Использование УДМ в трансмиссии трактора в реальных условиях эксплуатации МТА позволяет: снизить колебания внешней тяговой нагрузки, передающийся на двигатель, на 15...40 %; улучшить агротехнические показатели выполнения сельскохозяйственных операций на 12 %; снизить дисперсию буксования на 60 %; увеличить производительность агрегата более, чем на 10 %; уменьшить расход топлива на 9 %, а погектарный расход – на 18 %. Пневматические шины ведущих колес трактора – одно из основных звеньев трансмиссии, определяющих ее жесткость, которая учтена в уравнениях деформации включением последовательно сменяемых элементов шины при качении колеса. Использование в МТА энергосредств на шинах с оптимальным внутренним строением позволяет увеличить тяговый КПД их, повысить производительность МТА более, чем на 10 %, снизить удельный расход топлива

на 10...12 % при одновременном уменьшении уплотняющего воздействия на почву до 20 %. Все работы направленные повышение эффективности энергетического средства необходимо поддерживать и использовать для рекомендации производителям сельскохозяйственной техники.

Тихонов В. В. (2012 г.) предложил в диссертационном исследовании [158] усовершенствованный рабочий орган чизеля (Рис.1.24) для дополнительного крошения почвы и провел обоснование его параметров: для ножа – ширина $B_H = 300$ мм, длина $l_H = 60$ мм, толщина $\delta = 10$ мм, угол заточки лезвия $\alpha_{л} = 15^\circ$; для крошителя – длина $l_{кр} = 70$ мм, высота $h_{кр} = 50$ мм, толщина $\delta_{кр} = 5$ мм, угол скоса $\alpha_{ск.кр} = 40^\circ$; угол установки к направлению движения $\theta_{кр} = -1...8^\circ$.



1-долото; 2-стойка; 3-колесо; 4-винт; 5-нож; 6-навеска.
Рисунок 1.24 – Конструктивная схема чизеля

Свечников П. Г. (2013 г.) в диссертации [114] отметил, что в результате анализа механизма взаимодействия клина с почвой установлены закономерности процесса формирования пласта почвы на рабочем органе, и подтверждена научная гипотеза о необходимости выделения в процессе взаимодействия клина с почвой следующих трех этапов. Разрушение почвы под действием клина; формирование пласта почвы на клине; движение пласта почвы по клину. Определена схема образования неровностей поля и ширины развальной борозды при обработке почвы культиваторами, плоскорезами, глубокорыхлителями. Установлено также, что характер крепления рабочих органов к раме орудия оказывает существенное влияние на процесс движения почвы по рабочим органам. Увеличение скорости движения агрегата, толщина стойки и глубина ее хода способствуют увеличению неровностей поля и ширины развальной борозды. Предлагаемые режимы работы агрегатов также можно использовать при разработке моделей эффективных почвообрабатывающих комплексов.

Соколов Н. М. (2013 г.) показал в диссертации [125] новый способ противозерозионной обработки почвы на склоновых землях, который сокращает поверхностный сток воды за счет создания при основной обработке почвы противозерозионного микрорельефа в виде водопоглощающих гребне-стерневых кулис, разделяющих склон на множество элементарных замкнутых участков, позволяющих снизить энергию водного потока внутри каждого замкнутого участка до безопасной величины и за счет этого предотвратить появление лавинообразного стока и эрозии почвы.

Прядкин В. И (2013 г.) установил в диссертационных исследованиях [102] методологию создания МЭС на шинах сверхнизкого давления и

эксплуатационные требования, предъявляемые к ним, позволяющие выбирать функциональную схему, компоновку, параметры подвески, колесного движителя и монтируемого оборудования, обеспечивающие агротехническую проходимость при выполнении технологических операций на почвах с низкой несущей способностью и растительном покрове. Агротехническая проходимость движителя, оборудованного шинами сверхнизкого давления, обеспечивается на почвах с низкой несущей способностью при нагрузке на шину-оболочку 2,5 кН и давлении воздуха в шинах 5-30 кПа, а при нагрузке на бескамерную шину 4,41 кН – при давлении воздуха в шинах 10-40 кПа. При этом наибольшая концентрация напряжений находится в пахотном слое почвы 0-250 мм, затухание в котором составляет 60 %. Моделированием процесса взаимодействия колесного движителя с растениями высотой 150 мм установлено, что излома стеблей не происходит, а полеглость в следе достигает 64 %. Предлагаемые результаты исследований могут быть рекомендованы при эксплуатации машинотракторных агрегатов.

Перфильев Н. В. (2014 г.) свои исследования [90] посвятил изучению влияния различных систем обработки почвы на накопление и сохранение влаги в зависимости от различной интенсивности выпадения осадков в осенне-зимний период и от увлажнения пахотного слоя в период обработки почвы с учетом ее влагопотребления, а также для оценки применяемых орудий для глубокой и поверхностной обработки почвы по их влагонакопительному эффекту. В выводах он указал, что длительное применение ресурсосберегающих систем основной обработки оказывало положительное влияние на структуру пахотного слоя почвы и ее качество. Дифференцированная, плоскорезная и поверхностная обработки способствовали улучшению качественного соотношения фракций, увеличивая содержание агрономически ценной фракции 0,25-10,0 мм на 12,8-17,4% за счет уменьшения на 12,6-17,3% комочков размером более 10 мм. Способствовали повышению содержания водопрочной структуры наиболее ценной ее фракции (10,0-1,0 мм) на 9,8-18,1%. Обработки почвы без оборота пласта обеспечивали более благоприятный температурный режим пахотного слоя в период вегетации. Безотвальная обработка, увеличивая содержание гумуса в пахотном слое на 1,11%, снижала его содержание в слое 20-40 см. Системы обработки почвы с включением безотвальной и мелкой обработки в среднем по зернопаровому севообороту увеличивали общую засоренность посевов зерновых и зернобобовых на 8,5-20,8 шт./м² и на 2,9-4,7% к биомассе по сравнению со вспашкой; увеличение засоренности по энергосберегающим системам обработки почвы происходит за счет малолетних, однодольных устойчивых к гербицидам группы 2,4 Д, сорняков (овсюг, куриное просо). Данное диссертационное исследование следует рекомендовать при прогнозировании затрат на обработку почвы и для разработки моделей эффективности соответствующих агрегатов.

Известно также из отчета ученых Волгоградского ГАУ [90], что наибольший эффект дает переход на нетрадиционные почвозащитные (бесплужные, сокращенные, минимальные и нулевые) системы обработки почвы.

Вспашка — наиболее энергоемкая операция по обработке почвы, на которую приходится свыше 50 % общего расход топлива. На вспашку 1 га высококультуренной почвы в оптимальные сроки расходуется 12–14 кг топлива, а на пахоту 1 га сильно засоренной пыреем почвы требуется не меньше 20–25 кг топлива. Уменьшение глубины вспашки с 20...22 см до 16... 18 см зачастую не снижает урожайность озимых культур и позволяет сэкономить до 12 % топлива. Чередование направлений вспашки, а также проведение культивации и боронования в диагонально-перекрестном направлении относительно пахоты позволяет снизить затраты топлива на выравнивание поверхности поля после вспашки в свал и развал на 4,5...5 кг/га. Значительная экономия топлива может быть получена от применения оборотных плугов. Движение пахотного агрегата челночным способом сокращает расход топлива на холостой ход во время поворотов и переездов, который при традиционном способе вспашки в свал и развал составляет более 10 % от общего расхода. Применение оборотных плугов исключает необходимость проведения операций разбивки поля на загоны и регулировки плуга для прохода первой борозды. Эти операции занимают много рабочего времени и в реальных условиях часто проводятся некачественно, в результате чего увеличиваются энергетические затраты на заделку стыковых борозд, гребней и огрехов пахоты на границе загонов.

Минимизация обработки почвы. Высокая затратность технологий обработки почвы связана, прежде всего, с тем, что в настоящее время в сельскохозяйственных предприятиях основная обработка проводится, главным образом, с помощью отвальной вспашки, а предпосевная – за счет многократного использования однооперационных почвообрабатывающих орудий.

В решении указанной выше проблемы важнейшими направлениями, внедряемыми в настоящее время в регионе, пока являются замена на половине пахотных земель в системе основной обработки почвы отвальной вспашки чизелеванием или дискованием, а также применение в системе предпосевной обработки комбинированных агрегатов, совмещающих за один проход несколько технологических операций. В то же время, по мнению зарубежных специалистов, в наибольшей степени требованиям ресурсосбережения и природоохранности отвечает нулевая и минимальная система обработки почвы, предусматривающая отказ от ряда технологических операций и широкое использование прямого посева.

Минимальная обработка почвы включает одну или ряд мелких обработок почвы культиваторами и/или боронами. Солома и стерня находятся в виде мульчи в верхнем слое почвы (мульчирующий слой). По мелко обработанной почве в мульчирующий слой осуществляется мульчированный посев. Мульчирующий слой уменьшает испарение влаги, устраняет опасность водной и ветровой эрозии.

При этом эксплуатационные затраты (прежде всего расходы на топливо) сокращаются, плодородие почвы повышается, ее структура улучшается. Создаются благоприятные условия для развития почвенной фауны.

Нулевая обработка почвы (No-Till) предусматривает прямой посев, который производится по необработанному полю с отказом от всех видов механической обработки почвы. Растительные остатки (стерня и измельченная солома), которые сохраняются на поверхности поля, способствуют задержанию снега, замедлению эрозионных процессов, улучшению структуры почвы, защите озимых культур от низких температур, накоплению питательных веществ. Значительно увеличивается популяция дождевых червей и почвенных микроорганизмов. Существенно снижаются производственные затраты, в том числе на топливо, сохраняется окружающая среда. В частности, сокращение непродуктивных потерь воды может привести к тому, что на супесчаных почвах растениям в год будет доступно на 80–90 мм влаги больше.

Важнейшее значение минимизация обработки почвы имеет для удержания в почве углерода, который является основой для формирования гумуса и создает основу плодородия. Содержания органического вещества является динамическим показателем и реагирует на изменение методов обработки почв.

Применение минимальной технологии возделывания зерновых культур в сочетании с использованием азотных удобрений положительно влияет на азотный режим почвы. Повышается масса легкоразлагающейся органики с высоким содержанием азота (рис. 1.25).

Установлено также, что применение энергосберегающих технологий создает оптимальное структурно-агрегатное состояние почвы: по сравнению постоянной вспашкой увеличивается количество глыбистых фракций (диаметром более 10 мм) и в 2–2,5 раза уменьшается количество пылеватых, эрозионно-опасных частиц (диаметром менее 0,25 мм).

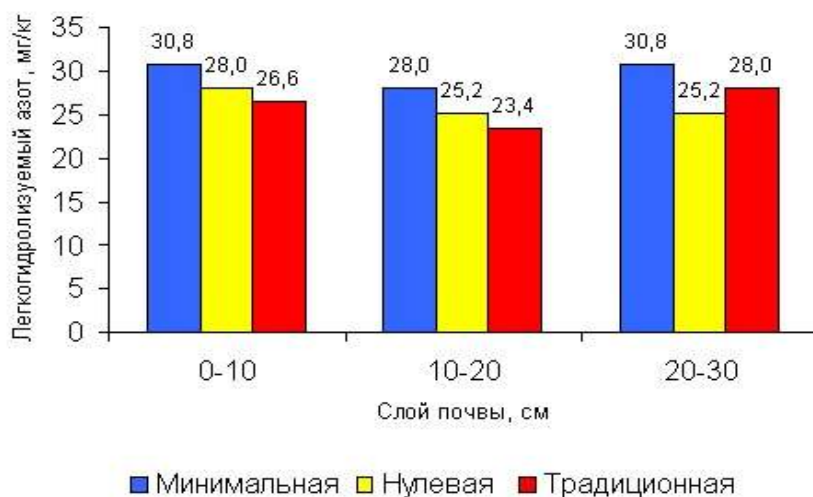


Рисунок 1.25 – Содержание легкогидролизуетого азота при различных технологиях обработки почвы

Применение энергосберегающего растениеводства целесообразно вести в комплексе с технологиями точного (прецизионного) земледелия.

Точное земледелие – это стратегия управления, которая использует информационные технологии, извлекая данные из множественных источни-

ков для принятия правильных решений по управлению сельскохозяйственным предприятием.

В точном земледелии используются компьютеризированная техника, геоинформационные системы и навигационные приборы, которые позволяют точно управлять развитием растений через спутники и локальные сенсоры.

Технологии точного земледелия позволяют снизить затраты и минимизировать воздействие на окружающую среду. Они базируются на картографических программах, позволяющих обрабатывать пространственные данные и осуществлять картографию границ полей, картирование урожайности, с помощью навигационных приемников глобальной системы позиционирования производить определение плодородия почв и дифференцированное внесение удобрений, а также наблюдение за посевами в процессе развития.

При наличии качественного адекватного программного обеспечения можно регулировать интенсивность технологических операций по ходу движения агрегата по полю (изменение норм высева, норм внесения удобрений, производительности при обработке почвы, количества применяемых средств защиты растений). Решающую роль в этом процессе играет совершенствование информационных разработок и особенно методов принятия решений – статических и динамических моделей, баз данных, баз знаний, экспертных систем. Возникает необходимость создания принципиально новых программных комплексов, которые могут интегрировать знания и опыт многих специалистов в области агрономии, биологии, агрохимии, агроинженерии, экономики и прочих смежных областях деятельности.

Применение системы бережливого земледелия позволяет осуществлять анализ и грамотный менеджмент деятельности предприятия, что дает возможность экономить материальные, трудовые, финансовые ресурсы и повышает рентабельность. В целом внедрение системы энергосберегающего растениеводства дает очевидные преимущества: повышает эффективность работы всего предприятия, его конкурентоспособность, делает аграрное производство более эффективным и экологичным, что чрезвычайно актуально в настоящее время.

Еще большего эффекта можно достичь, если применять высокопроизводительные комбинированные почвообрабатывающее – посевные агрегаты, которые позволяют за один проход по полю выполнить все операции предпосевной обработки почвы и посева, что обеспечивает повышение производительности труда до 60 % и снижение расхода топлива на 1,5-2 кг/га по сравнению с применением однооперационных агрегатов.

Кроме того, техника, применяемая в рамках минимальной и нулевой технологии возделывания сельскохозяйственных культур, отвечает требованиям энергоресурсосбережения, сокращает потребность в тракторах, горючих и смазочных материалах, позволяет на 7–10 дней раньше обычных агротехнических сроков проводить посевные работы, а сельскохозяйственным предприятиям в 2 раза снизить нагрузку на использование техники.

Замена вспашки полей, чистых от многолетних сорняком, на дискование, плоскорезную обработку и чизелевание позволяет значительно (до 5 кг/га) снизить затраты топлива на основную обработку. При безотвальной обработке не тратится энергия на подъем и оборот пласта.

Расход топлива на дискование на 28...36 % меньше, чем на плужную обработку. Обработка почвы чизельными культиваторами или плугами, а также рыхлителями-щелевателями со стрельчатыми рыхлящими лапами позволяет в 1,3...1,5 раза уменьшить общие энергозатраты, а также улучшает агрофизические свойства почвы и повышает урожайность культур. В настоящее время разработаны безотвальные почвозащитные технологии, включающие в себя лушение стерни на глубину 8... 10 см и рыхление на глубину 20...25 см в сочетании с предпосевной обработкой почвы в различных вариантах. В целом применение безотвальных технологий позволяет снизить расход топлива на 13,4...27,8 кг/га, металла — на 11,6... 12,9 кг/га и затрат труда — на 0,9...1,33 чел.-ч/га.

Выполнение операций одним комбинированным агрегатом при подготовке почвы к посеву вместо применения набора однооперационных машин является перспективным направлением, позволяющим уменьшить затраты энергии, топлива, труда и сохранить плодородие почвы. По данным ученых, применение комбинированных агрегатов позволяет снизить расход дизельного топлива: при совмещении вспашки и прикатывания — на 12... 16%; культивации, боронования и прикатывания — на 15...20 %. При этом существенно повышается и производительность труда.

Важным аспектом энергосбережения при обработке почвы является снижение влияния пространственных факторов на энергетическую эффективность процессов. Правильная организация работ, выбор способа движения, разбивка поля на загоны должны свести до минимума затраты топлива на поворотах и переездах почвообрабатывающих агрегатов, которые иногда превышают 20 % от общего расхода.

Из обзора современных исследований в области обработки почвы, можно резюмировать, что резервом снижения себестоимости в том числе затрат энергии является минимизация общих затрат на рыхление почвы, минимизация затрат на компенсацию эрозионных потерь почвы, минимизация максимально допустимого размера ущерба от срыва агросроков. Кроме сказанного резервом снижения себестоимости является сохранение плодородия, которое обеспечивается внесением удобрений.

1.5 Методы внесения удобрений в почву, затраты топливно-энергетических ресурсов на их выполнение

Экологи Белюченко И.С., Гужин Г.С., Голиков В.И., Касаткин В.Г., Эйсерт Э.К., Эмми Шваки [9, 112, 123, 164] подтверждают, что в сельское хозяйство во всех странах мира вкладываются большие материальные средства. Что современное развитие земледелия в сельском хозяйстве, включая Россию,

характеризуется наращиванием энергетических затрат на обработку почвы, удобрения, орошение, ядохимикаты. Они выделяют, что при современном земледелии необходимы новые малоэнергозатратные технологии и механизированные процессы обработки почвы, энергосберегающие «легкие» тракторы и агрегаты комплексного использования, новые удобрения. Они отмечают также, что на энергозатраты влияет плодородие, зависящее кроме природных факторов также от воздействий человека на агроландшафты. Агроландшафты ресурсозатратны и являются крупными потребителями воды (600–2000 м³ на одну тонну зерна). Столь высокое потребление обусловлено плохо продуманными посевами, которые усиливают поверхностный сток воды и снижают ее инфильтрацию в грунтовые воды. Агроландшафты существуют за счет энергии человеческого труда. На производство 1 ккал органического вещества расходуется 10 ккал антропогенных затрат. Агроландшафты создавались искусственно и эмпирически для получения большого количества пищи. Все время шло приращивание посевных площадей, за счет чего происходило увеличение продукции. Поскольку в середине прошлого столетия не осталось новых территорий пригодных к вспашке, поэтому, начиная с 50–60-х гг., была выдвинута идея интенсификации использования земель за счет увеличения удобрений, механических обработок, пестицидов и т. д. Земледелие постепенно приобрело промышленный характер. Затем определили, что интенсификация земледелия ведёт к деградации почвенного покрова. Например, в настоящий период в Краснодарском крае уплотнение и переуплотнение почв возросло в 2,9 раза, эрозии подвержено 32 % территории, неэффективно утилизируются пожнивные и стебельчатые отходы растениеводства (часть сжигается), обнаружился дефицит баланса гумуса (примерно 0,46 т/га) [75]. Увеличить урожайность пытаются высокими дозами минеральных удобрений (300 кг/га) и пестицидов (2–3 кг/га), хотя для пополнения баланса гумуса необходимы органические удобрения из навоза, которых из-за недооценки (из-за загрязнения почвы – нитратами и сорняками, а также высоких доз 40–60 т/га) не вносят. Поэтому в борьбе за повышение плодородия выросли затраты энергии (например, при увеличении урожайности в 2–3 раза, необходимо увеличение затрат энергии в 10 раз). Особенности функционирования сельскохозяйственной отрасли связаны с тем, что в качестве объекта воздействия машинных технологий чаще всего выступают биологические объекты: почва, растение, животное.

Поэтому стратегией энергосбережения должен быть это комплекс принципов, факторов, методов, мероприятий, обеспечивающих неуклонное снижение расхода совокупных затрат энергии в сельском хозяйстве на единицу аграрного продукта при условии обеспечения и сохранения экосистемы. Нынешние урожаи зерновых в стране, при сравнительно благоприятных погодных условиях последних лет, следует объяснить «проеданием» последнего задела почвенного плодородия, сформированного в годы интенсивного развития химизации (1970–1990 гг.). Имея сопоставимые с Россией площади пахотных земель, (данные ФАО, 1997 г.), а Россия – на уровне 1,5 млн т в действующем веществе при собственном производстве порядка 10 млн т. Это

находит отражение и в уровнях урожайности зерновых, – в Китае и США в 2–3 раза выше, чем в России. Такую разницу нельзя объяснить только различным биоклиматическим потенциалом указанных стран, поскольку существует прямая корреляция между уровнем применения удобрений и урожаем зерновых культур.

Существуют несколько способов внесения удобрений, основными из которых являются: основное или допосевное; припосевное, проводимое во время посева или посадки; в период вегетации после посева или посадки – подкормка растений.

Основное внесение заключается в разбрасывании удобрений по поверхности поля с последующей их заделкой в почву почво-обрабатывающими орудиями. Этим способом вносят полностью навоз, торф, компост и около двух третей всех существующих минеральных удобрений.

Припосевное внесение применяется во время посева семян или при посадке лесных культур. Этот способ обеспечивает молодые растения хорошо доступными питательными веществами в первоначальный период роста, когда они имеют слабые корни.

Подкормка заключается во внесении легкоусвояемых удобрений в сухом или растворенном виде (жидкая подкормка) в течение вегетации растений. Во время подкормки растениям можно дать те питательные вещества, в которых они особенно нуждаются в определенный период роста.

При изучении источников исследований по экологическим основам земледелия [9, 112, 122, 123, 164, 232 и др.] (авторы Ачканов А.Я., Хомутов Ю.В., Эйсерт Э.К. и др.) нами обнаружены следующие факты.

1. В результате длительного воздействия человека на черноземы Кубани (интенсивной их распашки, насыщения севооборотов пропашными и зерновыми культурами) наблюдаются значительные потери гумуса, а также отрицательный баланс азота – 56 кг/га между выносом (176 кг/га) и приходом (120 кг/га), фосфора – 11 (53,42) кг/га и калия – 86 (152,66) кг/га соответственно.

2. При интенсификации земледелия прирост 50 % (половины) урожая достигается за счет удобрений, 25 % дает использование новых сортов гибридов и 25 % улучшение технологий возделывания.

3. В большинстве стран мира резко возросло применение минеральных удобрений. Например, на 1 га пашни в конце 80-х годов прошлого века было внесено минеральных удобрений, в кг действующего вещества соответственно – Франция – 299, Великобритания – 358, Япония – 383, Германия – 421, СНГ – 122, Россия – 106,6, Краснодарский край – 198. Причем, в рисосеющих районах было внесено 299 кг действующего вещества, а в районах с развитым плодоводством и виноградарством Анапский, Туапсинский, Большие Сочи от 290 до 400 действующего вещества на 1 га пашни.

Согласно агротехническим требованиям к внесению минеральных удобрений для зерновых колосовых культур необходимо внесение в количестве 300–360 кг/га, в том числе под основную обработку (зябь) – азотных удобрений 40–60 кг/га, фосфора 90–120 кг/га, калия 40–90 кг/га. При этом должны соблюдаться следующие условия:

- неравномерность рассева $\leq 20\%$;
- между рассевом и заделкой нельзя допускать длительных разрывов (больше 12 ч);
- допустимые размеры гранул не более 5 мм;
- влажность не выше 20 %.

Твёрдые минеральные удобрения вносятся для озимой пшеницы под основную обработку, жидкие удобрения в виде подкормок в весенне-летний период вегетации. Для посевов кукурузы – две трети азотных удобрений вносятся под основную обработку, остальные под весеннюю культивацию или при посеве в рядки, 80–90 % фосфорных и калийных удобрений под основную обработку, остальные при посеве в рядки. Для посевов подсолнечника в крае азотные удобрения вносят под основную обработку (вспашку зяби) 4–5 Ц./га нитро аммофоса (или 90 %), остальную часть при первой и др. подкормках, а калийные удобрения не вносят. Для посевов сахарной свеклы вносится 4,5–6,5 Ц./га минеральных удобрений, остальные 3,5 Ц./га вносят при посеве и уходе. При выращивании люцерны удобрений вносят 5,2 Ц./га в физическом весе, в том числе под основную обработку почвы азотных удобрений (аммиачная селитра) вносят в количестве 1,7 Ц./га, фосфорных (двойной суперфосфат) – 2 Ц./га и калийных (хлористый калий) – 1,5 Ц./га. В весеннюю подкормку азотных вносят 0,8–1 Ц./га, а после каждого укоса 0,7–0,8 Ц./га. При выращивании риса 40–50 % азотных удобрений вносятся перед лущением; 20–30 % перед посевом; 20–30 % в фазе трубкования. Фосфорные удобрения вносятся полной дозой до сева. При возделывании сои фосфорные и калийные удобрения вносят осенью под вспашку 0,4–0,9 Ц./га, азотные 0,20–0,30 Ц./га вносятся локально в рядки при севе.

Азотные удобрения вносятся в количестве от 5 до 10 кг д. в. на каждую тонну соломы разбрасывателями МВУ-8 (МВУ-5), РМГ-4, РУМ-5, РУМ-8, зернотуковыми сеялками, штанговым разбрасывателем ПШ-21,6. Предварительно азотные удобрения измельчаются в АИР-20, загружаются в самосвал-перегрузчик ГАЗ-САЗ-5302 (при расстоянии переездов до 3 км применяют прямоточную технологию). Сроки внесения – день/поле. Сразу после внесения азота производят лущение боронами БД-10Б (БДТ-7А и др.) на глубину 0,10–0,12 м и со скоростью не более одного дня на поле, при этом дискование производится поперёк валков. Затем производят вспашку, причем, если это полупар, то вспашку производят на глубину 20–22 см комбинированными пахотными агрегатами в сроки не позднее 1 августа. Если зябь – то на глубину 30 см. Сроки вспашки под зябь – октябрь месяц.

Недостатками данных приёмов является то, что в производственных условиях скорость движения агрегатов, рабочая ширина захвата и объемная масса материала отличаются от табличных величин заводских руководств. Недостатком также являются высокие затраты энергии (норма расхода топлива 1,7 кг/га на внесение) и сжатые агросроки (5 календарных дней) на внесение и заделку азота (норма расхода топлива $9,1=1,7+7,4$ кг/га). В том числе к недостаткам относится то, что в азоте имеется самая большая потребность растений. В почве в результате микробиологических процессов азот накапливается в виде окисленной формы нитратов. Эта форма очень подвижна, не аб-

сорбируется, поэтому легко смывается, мигрирует по профилю до грунтовых вод, загрязняет их и водоемы. При этом нитраты могут восстанавливаться в ряд промежуточных продуктов, например, нитраты с токсичностью в 10 раз выше. Нитраты переводят двухвалентное железо гемоглобина в трехвалентный гемоглобин, а гемоглобин красных кровяных телец не способен быть переносчиком кислорода. Нитраты и нитриты, в кислой среде реагируя с вторичными аминами, образуют нитроамины, обладающие канцерогенными и мутагенными свойствами вызывающими раковые воспаления и мутагенные уродства. Способностью накапливать нитраты обладают дыни, арбузы, капуста, шпинат, в которых их содержание достигает 100–200 мг/кг, что превышает ПДК в 3 раза, при допустимом уровне 45 мг/кг. Фосфор менее подвижен, но содержит сопутствующие балластные элементы и токсичные, например фтор и стронций. При систематическом внесении фтор и стронций, накапливаясь в почве в значительных количествах и мигрируя в грунтовые воды, повышают концентрацию солей. Например, во Франции в пшенице содержится 10 мг фтора на 1 кг сухого вещества, в США в кукурузе – 8 мг фтора на 1 кг, сухого вещества, в СНГ в пшенице – 0,8–1,7 мг фтора на 1 кг сухого вещества.

Жидкие удобрения вносятся дождевальными установками различного типа. Сроки внесения – день/поле. Сразу после внесения азота производят лущение боронами БД-10Б (БДТ-7А и др.) на глубину 0,10–0,12 м и со скоростью не более одного дня на поле, при этом дискование производится поперёк валков.

Недостатком являются сжатые агросроки (5 календарных дней) и высокие затраты энергии на внесение и заделку азота (норма расхода топлива на внесение – 1,7 кг/га и на заделку – 7,4 кг/га).

Источником возврата гумуса в почву (предупреждения деградации почв) согласно исследованиям [9, 14, 17, 21, 23, 49-52, 54, 62, 84, 92-95, 129, 156, 159 и др.] является навоз, который служит как основа для органических удобрений (ОУ), а источником навоза являются животноводческие комплексы и фермы. Основу навоза составляют экскременты, количество, химический состав, физические свойства которых зависят от возраста животных, кормов, способа содержания, систем уборки, удаления и хранения навоза. Как известно [23] в составе навоза имеются все питательные вещества, в которых нуждаются растения. Академик Д.Н. Прянишников отмечал огромную роль навоза в повышении плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, в улучшении свойств и структуры почвы. Он говорил: «Неправильно думать, будто с развитием химической промышленности и широким распространением минеральных удобрений значение навоза должно отходить на задний план, наоборот, с ростом применения минеральных удобрений будет возрастать и количество навоза. Удобрительная ценность экскрементов коров: выход кала (мочи) = 35 кг (20 кг), сухого вещества – 4,93 кг. (1,16 кг), азота общего 220 г. (82 г), в том числе аммиачного – 39 г., кальция СаО – 103 г. (2,1 г), фосфора Р₂О₅ – 108 г. (2,3 г), калия К₂О – 250 г. (22,8 г), натрия Na₂O – 66 г. Средняя влажность кала 80 % (99 %), биохимическая потребность в кислороде за 5 дней (БПК) кала (мочи) 51,5 г/л (7 г/л). Химическая потребность в кислороде (ХПК) 230 г/л. Микроэлементы Fe – 0,048,

Mn – 0,03, Si – 0,0002, Mg – 0,05, Na – 0,05, Zn – 0,0018 г по отношению к абсолютно сухому веществу. Сырого протеина – 25 %. В навозе также имеются вещества вызывающие коррозию, такие как: углекислота, аммиак, сульфаты, сульфиды, хлориды, кальций, магний. Навоз содержит также патогенные микроорганизмы, личинки и яйца гельминтов, поэтому навоз надо обеззараживать.

В Краснодарском крае основным источником возврата гумуса в почву ранее служил подстилочный (твёрдый), бесподстилочный (полужидкий и жидкий навоз). Годовой выход навоза по основным типам животноводческих ферм КРС следующий. МТФ на 800 голов получает бесподстилочного навоза 16000–18000 т, а подстилочного 7000–8000 т, ферма на 1200 голов соответственно 23000–36000 т и 11000–12000 т, откормочный комплекс на 10000 голов–70000–90000 т бесподстилочного навоза. При этом внесение подстилочного навоза в количестве 40 до 80 т/га даёт самый высокий эффект возврата гумуса на чернозёмах, что подтверждено опытами КНИИСХ и Северо-Кубанской опытной станции. При внесении подстилочного навоза в количестве 40–50 т/га содержание гумуса в слое 0–20 см увеличивается на 0,2 %. Подсчитано, что внесением навоза даже в количестве 7–8 т/га в северной зоне края и 9–12 т/га в центральной и южно-предгорной зонах Краснодарского края можно приостановить деградацию кубанских чернозёмов.

Однако для такой заправки почв органикой необходимы запасы навоза 228 млн т навоза или хотя бы в размере 25–30 млн т. Однако даже такого количества навоза в крае в настоящий момент также не имеется. Кроме этого поля получают дополнительные семена сорняков, на уничтожение которых необходимы дополнительные энергозатраты на борьбу с сорняками культивацией или применением гербицидов. Это происходит из-за того, что традиционная технология утилизации подстилочного навоза [71, 72] включает: – сбор навоза из помещений и выгульных площадок;– его хранение горячим (рыхлым) способом в бурте шириной 2–3 м, горячепрессованным способом в плотном бурте шириной 5 м высотой 2 м или холодным способом в 3–4 слоя высотой 0,8–1 м с последующим уплотнением при достижении температуры 60°C в течение четырёх месяцев, или в хранилищах ёмкостью 450 т на 100 голов (при этом их должно быть не менее двух). Но при этом не все операции чётко выполняются.

Также недостатками данной технологии являются:

- высокие потери азота при сборе и хранении навоза (31,4 %; 21,6 % и 10,7 % при горячем, горячепрессованном и холодном способе хранения соответственно);
- попадание на поля инородных включений (камни, металл, дерево и т.д.);
- несовершенство технических средств, предназначенных для уборки, удаления, хранения и переработки навоза в ОУ;
- высокая стоимость навозохранилищ.

С целью снижения количества ОУ на гектар известны [11, 49-52, 91, 93, 156, 159] следующие виды их производства.

1. В Твери (КНИИМЗ) разработан компост многоцелевого назначения (КМТ) состоящий из навоза влажностью $W=50\%$, торфа $W=11-45\%$, опилок $W=50\%$.

2. В Москве (МГУ) разработано органоминеральное гумусосодержащее удобрение с добавлением бурого угля и ряда микроэлементов (доза внесения $0,2-3$ т/га).

3. Казанский технологический университет разработал структурообразователь почв, который вносят в виде водного $1-3\%$ раствора в дозе $0,2-0,5$ т/га.

4. Башкирский НИИ земледелия предложил на основе гуминовых кислот и бурого угля препарат ГУМИ-20.

5. Украинский государственный аграрный университет (Киев) разработал комплексное органоминеральное удобрение на основе агримуса (побочный продукт фурфурола из кочерыжек) с добавлением калийных и азотных удобрений.

6. Научный центр «Нооэкофера-XXI» (Ростов-на-Дону) разработал суперудобрение, основу которого составляют активные центры почвообразования.

7. Следующий приём это переработка навоза в биогумус с помощью гибрида калифорнийского красного червя. Условия такие – температура $T=20-25^{\circ}\text{C}$, кислотность $\text{pH}=7-7,5$, влажность $W=70-80\%$, аэробность. Червь живёт $3-15$ лет, через каждые $7-28$ дней откидывает кокон. В 1 кг – 4400 особей, которые потребляют в день до 800 г исходного материала. Прошедший через кишечник червей органический материал обогащается соединениями Ca, Mg, P и др. элементами, а также ферментами. Доза внесения $1-3$ т/га. За рубежом переработка дождевыми червями отходов играет главенствующую роль. В Великобритании червей разводят в теплицах из металлической или железобетонной сетки. При этом «биогумус» используют как ОУ, червей как белковый корм и на разведение. Во Франции червей разводят в пластиковых поддонах, в Италии разводят червей при экстенсивных методах ведения хозяйства, в Дании вермикомпостирование производится в горизонтальных вращающихся барабанах, в США вермикомпостирование направлено на получение биомассы для медицины и для рыбного хозяйства, в последние 20 лет вермикомпостирование нашло применение в Венгрии, в Польше, в республиках бывшего СССР. Наиболее приемлемой оказалась Венгерская технология, хотя она рассчитана на использование ручного труда. Она включает: укладку измельчённой соломы в валок, на поверхности которой укладывается навоз, затем формируется штабель и производится ферментация, затем формируется призма, которая заселяется вермикulturой, затем обеспечивается непрерывное кормление, а затем приманочное кормление и удаление из призмы червей.

Недостатки – длительное аэробное брожение $3-4$ месяца, до 7 месяцев получение биогумуса (из 100 кг исходной массы навоза 60 кг ферментированного навоза и 25 кг биогумуса), ручной труд.

8. В 1995-1997 гг. в Ростове-на-Дону разработана технология производства удобрений с основой в виде активных, в течение пяти лет, центров поч-

вообразования. Компоненты: твёрдый навоз 80 %, лигнин 7 %, торф 5 %, угольный шлам 5 %, α -добавки 3 %, микродобавки остальное. Создана технологическая линия производительностью 2500 т/год. Для зерновых и пропашных культур разработано супер удобрение «Агро Вит – Кор» с пылевидной структурой 90 % частиц менее 1мм, с влажностью $W=45\%$, с плотностью $\rho=0,5-0,7 \text{ т/м}^3$. Доза внесения для зерновых 1т/га, для пропашных 3т/га.

9. Одним из перспективных направлений переработки навоза является технология «Биоферм» США. ОУ типа «Фермвей» изготавливаются путём ферментации термофильными бактериями компоста.

Из навозохранилищ навоз направляют на площадку компостирования для смешивания его с органическими отходами. Далее готовый компост поступает на участок ферментации. Оптимальная влажность компоста должна быть в пределах 60–70 %, а также должно соблюдаться соотношение азота к углероду 1/20–25. Для осуществления биотермической ферментации термофильными бактериями при температуре 60–75°C компост периодически аэрируется воздухом различными способами.

Органические отходы (навоз, помет, опилки, солома, торф и др.) измельчаются до крупности 10 мм и смешиваются механическим путем или через подстилку скота, потом смесь загружается фронтальными погрузчиками в ферментатор, где смесь продувается воздухом. Температура в органической смеси за счёт развития аэробных, термофильных бактерий повышается, до 75°C. Процесс ферментации протекает в течение 3-х суток. Затем готовая продукция также фронтальным погрузчиком выгружается под навес или на бетонированную открытую площадку или на площадку без покрытия.

Исходные технологические параметры влажность навоза 50–55 %, крупность частиц не более 10 мм, соотношение N:C=1:25, высота загрузки 1,5–2 м наличие кислорода 4,5–5 %, время разогрева с температуры 15–20°C до 70–75°C от 12 до 48 часов, продолжительность процесса 3 дня. В процессе ферментации следят, чтобы оптимальное количество кислорода в органической массе в процессе ферментации соответствовало 12 %. В процессе работы в биоферментаторе контролируются 3 параметра, количество кислорода, температура, и давление воздуха в системе. Температура в бурте при хранении на открытой площадке в течение 6 месяцев сохраняется в пределах 68–74°C. Средняя влажность полученного продукта из навоза КРС – 50 %. Такой навоз содержит N – 12,5 %, P_2O_5 – 10,8 %, K_2O – 2,7 %, S – 2,25 %, Mg – 1,8 %, сырого протеина от 10 до 15 %.

Кроме сказанного, в сравнении с навозом КРС, «Фермвей» достаточно сухой продукт и имеет влажность 50 %, а также высокое содержание доступных для растений практически всех питательных веществ, отсутствие неприятного запаха, жизнеспособных семян сорняков, патологических микроорганизмов, пестициды и др. химические соединения, хорошие физико-механические свойства, способность достаточно долгое время храниться на открытом воздухе без потерь питательных веществ, хорошо грузиться и рассыпаться, к структурообразованию.

Использование продукта «Фермвей» в качестве удобрения способствует увеличению урожайности на 25 %. Исследования показали, что эффективность 1 тонны продукта «Фермвей» эквивалентна 13 т подстилочного навоза. Известно, что внесение всех видов навоза «твердого», жидкого и т.д., не прошедшего соответствующую, обработку является источником засорения семенами и патогенными микроорганизмами. Данное явление влечет за собой применение пестицидов, которые не только увеличивают эксплуатационные расходы, но и вызывают отравление окружающей среды и работающих. Под все культуры: кукурузу, зерновые, овощные и др. средняя доза внесения «Фермвея» 2–5 т/га. Применение продукта в качестве рядкового удобрения сокращает норму внесения в 6–10 раз при той же эффективности. Кроме сказанного использование «Фермвей» в качестве удобрения позволяет успешно бороться с почвенными вредителями, в частности, с нематодой [47]. Использование продукта «Фермвей» способствует предотвращению развития патогенных микроорганизмов, передачу болезней. Продукт «Фермвей» в течение 13 лет сохраняет пригодность как удобрение.

В Приложении 1 (Таблица П 1.4) представлены средства механизации получения органических удобрений из навоза КРС, а также средства разработанные нами согласно заданиям [29-33], в том числе произведённые нами расчёты, что затраты энергии на получение органических удобрений типа "Фермвей" от 100 гол КРС из твёрдого навоза составляет 27813 кВт·ч, что они в 1,63 раз меньше, чем из полужидкого и в 2,94 раза меньше, чем из жидкого навоза. В таблице П 1.4 представлены также результаты внедрения.

Известны следующие процессы утилизации ОУ из навоза [62].

1. Процессы утилизации твёрдых органических удобрений (ТОУ):
 - погрузка из навозохранилищ погрузчиками ПФП- 1,2 (2), ПФ-4, ПЭ-0,8;
 - транспортировка на поле и сплошное внесение твёрдых удобрений по поверхности поля (табл. 1.3).

Таблица 1.3 – Операции и машины для прямого внесения ТОУ

Операции	Машины	
	погрузчик	агрегат
Транспортировка до 2км	ПЭ-08Б, ПБ-35	МТЗ 80/82 + РОУ 6 (МТТ)
Транспортировка до 4км	ПБ-35, ПФ-1,2	Т 150 + ПРТ-10 (МТТ)
Транспортировка > 4км	ПФП-2, ПЭА-1,0, ТЛ-3	К-701+ПРТ-16, (МТТ)

Из таблицы видно, что погрузчики и машины выбираются в зависимости от дальности транспортировки ТОУ, например, для прямого внесения при транспортировке до 2-х км применяют погрузчик ПБ-35 и разбрасыватель органических удобрений типа РОУ-6 или МТТ-7, а в качестве энергетическо-

го средства применен трактор типа МТЗ-80/82. При радиусе более 8 км, т.е. при перевалочной технологии ОУ грузятся в тракторные самосвальные средства типа 1-ПТС-9Б, 3-ПТС-12Б или в автомобильные, затем высыпаются на поле в кучи, из которых распределяются валкователями-разбрасывателями РУН-15(15А).

2. Процессы утилизации полужидких ОУ (навоза) $W=86-92\%$: – хранение в бетонных хранилищах до 12 месяцев для естественного обеззараживания; – вывоз на поля или в бурт для производства компостов путём перемешивания с органическими веществами.

Важным моментом при компостировании является смешивание компонентов (навоз, помет, солома). Компостирование бесподстилочного навоза осуществляется следующим образом. На бетонной площадке подготавливается подушка в виде ленты из соломы толщиной 0,4–0,6 м шириной 3–4 м, на которую наносится слоем 0,4–0,5 м навоз. Полученный слоеный «пирог» перемешивается бульдозером типа Д-606 на гусеничном ходу.

На Кубани в хозяйствах Каневского, Усть-Лабинского районов применялось компостирование на бетонированных площадках навоза и соломы, а в Кущёвском и Ленинградском районах компостирование соломы старых скирд [48]. Компосты погрузчиками ПФП-2 на тракторе К-701 загружаются в транспортные средства (например, тележки ПТС-9Б) и отвозятся для буртования бульдозерами Д-535 или Д-606 на края двух смежных полей. Высота бурта 3,5 м, а ширина 4–5 м. Компостирование скирд заключается в их разделении и создании между ними траншеи. Затем копнителем на тракторе МТЗ-80 готовится основание из соломы толщиной 0,6 м, которая утрамбовывается бульдозерами. На подушку завозят вначале навоз, затем солому, и так послойно через 0,4–0,5 м делают бурт высотой 2,5–3 м. Бурт укрывают слоем соломы, толщиной 0,2–0,4 м, а затем подбуртовывают землей на высоту 1–1,5 м. Компост, заготовленный с осени, после естественной ферментации в следующем сезоне вносится под пропашные культуры, разбрасывателями ПРТ-10, ПРТ-16 и запахивается.

При прямом внесении на поле полужидких ОУ применяются:

- транспортно-технологическая машина для внесения полужидкого навоза (ТТМ) на базе РЖТ-8 (производительность 28–50 га/ч, грузоподъемность 8–14 т, ширина разбрасывания 8–10 м, трактор 3–5 класс);
- устройство для внесения жидких органических удобрений МЖТ-6 (8, 11); РЖТ-8 (4); ПЖТ-5; ПЖ-2.

3. Процессы утилизации жидкого навоза предусматривают следующие схемы.

Схема 1. Навоз из-под щелевых полов, сплавляясь самотёком, попадает в навозосборник (50 м от фермы), затем насосами перекачивается в бродильные камеры для метанового сбраживания (обезвреживания) откуда самотёком поступает в навозохранилище, где перемешивается и насосами подаётся в ёмкость для разбавления водой. Откуда передвижной насосной станцией навоз влажностью 97–98 % подаётся к передвижной дождевальная установке. Резервом являются мобильные с ёмкостью 4–8 т машины для разбрасывания жидкого навоза.

Схема 2. Удаление и подача навоза в навозосборник аналогично схеме 1. Затем навоз насосами подают в цех механического обезвоживания. Твёрдую фракцию после трёхмесячного хранения грейферными погрузчиками грузят в транспортные средства и вносят в почву роторными или низкорамными разбрасывателями. Жидкую фракцию перекачивают в ёмкость, рассчитанную на 6 месяцев хранения, затем перекачивают насосами для распределения в поле дождевальную установкой.

Схема 3. Удаление и подача в навозосборник такая как в схеме 1. Затем навоз перекачивают в навозохранилище для отстоя 3–4 месяца, затем через шиберные задвижки жидкую часть сливают в жижеборники и перекачивают в поле на дождевальную установку. Твёрдую фракцию выбирают грейферными погрузчиками и транспортными средствами вывозят на поля, где она разбрасывается низкорамными разбрасывателями.

Схема 4. В ФРГ предусматривались следующие технологические линии транспортировки и внесения в почву жидкого навоза, состоящие из танка для распределения навоза, трёх танков для перевозки навоза и одного контейнера накопителя навоза. Транспортные танки ёмкостью 18 м^3 заполняются в течение 5 минут. Расстояние транспортировки навоза может достигать 40 км. Вместимость контейнера составляет 30 м^3 . Его устанавливают на краю поля. Танк для внесения в почву имеет вместимость 10 м^3 , оснащён вакуумной установкой и шинами шириной 1,1 м с низким давлением. В течение дня с помощью данной технологии можно внести около 700 м^3 навоза, при затратах около 35 марок/га.

Схема 5. При бесподстилочном содержании и гидросмыве получают жидкий навоз, который поступает в тамбур, где производят перемешивание, а затем отправляют его в секцию хранилища, где его хранят и обеззараживают в течение 8–12 месяцев (одна секция бетонного хранилища рассчитана на полугодовое накопление навоза, затем при помощи погрузчиков НЖН-200, ПНЖ-250, ПНД-250 в агрегаты МЖТ-23+К-701, РЖТ-8+Т-150К, РЖТ-4+Т-150К и вывозят на поля.

Анализируя, через сберегаемые ресурсы химическое воздействие для сохранения плодородия, выделим основные типы рабочих органов (рис. 1.26).

К машинам для внесения удобрений относятся: центробежный разбрасыватель, рядковые высевающие аппараты, штанги с распылителями при внесении МУ; прицепные разбрасыватели ТОУ и полужидких ОУ, а также штанги с распылителями для внесения ЖОУ и пестицидов.

Нами на основании анализа технологических приёмов внесения в почву удобрений и обработки пестицидами осуществлена классификация средств внесения удобрений (табл. 1.4). При классификации машин для внесения удобрений учтены следующие признаки, такие как: способ внесения удобрений; назначение; тип энергетического средства (тракторные, автомобильные, авиационные); способ соединения с энергетическим средством (прицепные, навесные, монтируемые, самоходные).

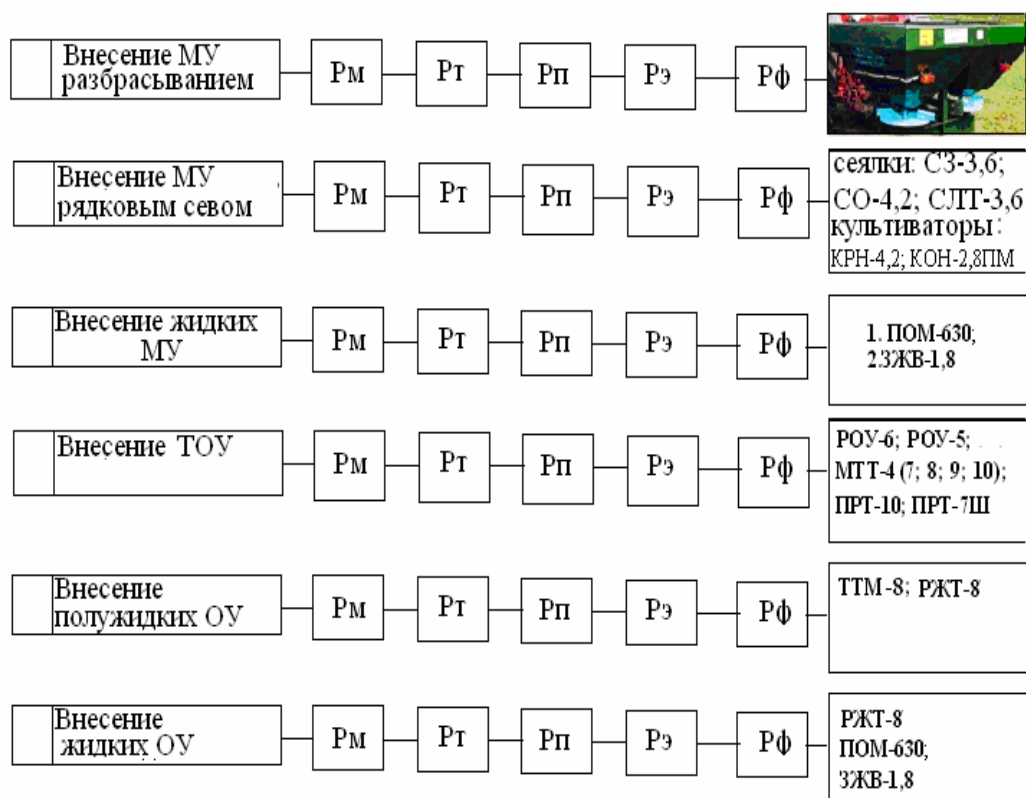


Рисунок 1.26 – Типы и марки машин для внесения удобрений

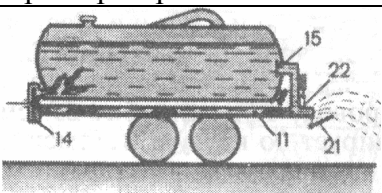
На рисунке 1.27 представлены схемы затрат ГСМ согласно применяемым нормативам [84] на выполнение основных операций утилизации ТОУ («твёрдого» навоза), а также для доставки на почву и растения МУ и пестицидов. Из схемы видно, что на погрузку ОУ, на внесение средством МТТ и на операцию заделки отвальным плугом удельный расход топлива равен 13 кг/га, 21 кг/га и 25 кг/га (итого 59 кг/га). Технологические составляющие механизации химического воздействия весьма энергоёмки, для снижения которых необходим поиск путей совершенствования машин внесения МУ, ТОУ, ЖОУ, а также путей снижения количества ОУ, в том числе машин для внесения пестицидов и количества действующего вещества пестицидов.

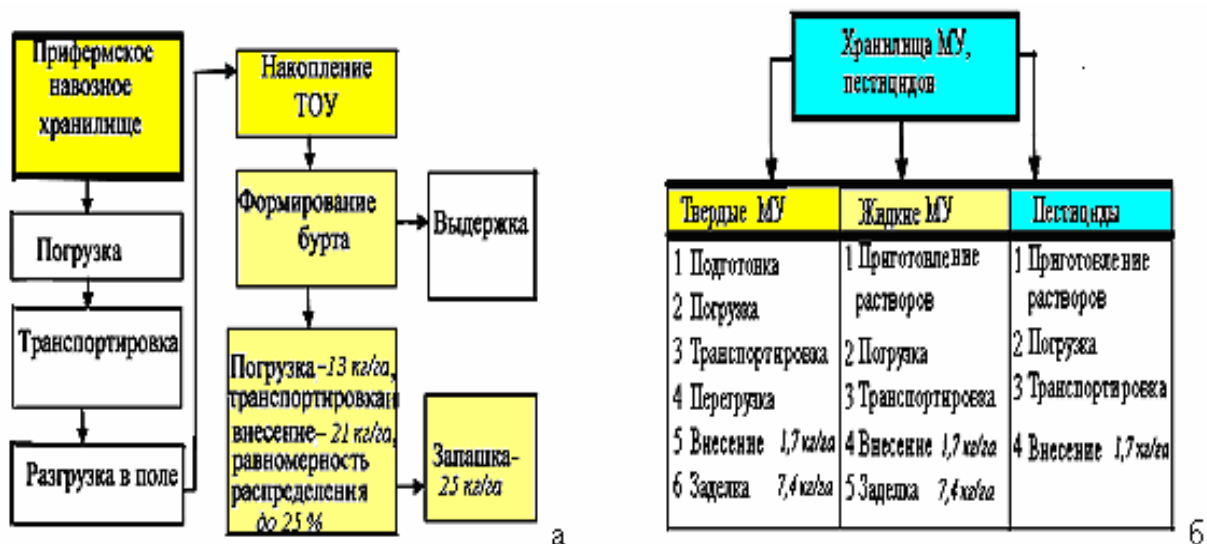
По данным ВНИПТИМЭСХ (г. Зерноград, Ростовской области) установлено, что при применении технологий прямого посева зерновых культур (без операций лущения почвы, отвальной вспашки и трех культиваций) затраты труда снижаются на 40 %, расход топлива в 3-4 раза, прямые затраты – в 2-3 раза. Однако пятикратное за сезон внесение гербицидов и высокая их стоимость не обеспечивают снижения себестоимости продукции.

В связи с тем, что себестоимость производимой продукции выступает как фактор конкурентоспособности произведенной продукции, что весьма важно в связи с вступлением России в ВТО, то ресурсосбережению в сельскохозяйственной отрасли России необходимо уделять особое внимание.

Например, сельхозпроизводство в Краснодарском крае также отличается высокими затратами энергии, так как при увеличении урожайности зерновых колосовых в 2–3 раза, необходимо увеличение затрат энергии в 10 раз.

Таблица 1.4 Классификация средств внесения удобрений

Назначение	Способы внесения удобрений		
	Основной (до посева)	При посеве	При уходе
Для рассева твёрдых гранул минеральных удобрений:	<p>1. МВУ-0,5; НРУ-0,5; тракторные (кл. 0,6-2); навесные; с центробежным рассеивающим диском; ширина рассева 16-24 м.</p> <p>2. МВУ-6; (8; 12); 1РМГ-4; РТТ-4,2; Тракторные (кл. 1,4 и 2); прицепные; с центробежным диском; ширина до 16 м.</p> <p>3. РУМ-5 (8); ПШ-21,6; тракторные (кл. 1,4); прицепные; с штангово пневматическим распределителем; ширина захвата 12 м.</p> <p>4. СТТ-10; тракторная (кл. 1,4); прицепная; с двумя роторами вращающимися вокруг гор. оси; ширина захвата 15 м.</p> <p>5. РШУ-12 тракторная (кл. 1,4 и 2); прицепная; с двумя шнековыми распределителями; ширина захвата 12 м.</p> <p>6. АВМ-8; монтируемая; с пневмо-вентиляторным распределителем и туковысевающим аппаратом, и навесным культиватором; ширина ленты 2-4 см.</p> <p>7. МПК-8 – комбинированная; с туковысевающим аппаратом, стрелчатými лапами, трубчатыми стойками, выравнивающим брусом и роторной боронкой.</p>	<p>Сеялки</p> <p>СЗ-3,6;</p> <p>СО-4,2;</p> <p>СЛТ-3,6 и др</p>	<p>Культиваторы с туковысевающими аппаратами</p> <p>КРН-2,8МО;</p> <p>КРСШ-2,8А;</p> <p>КРН-4,2;</p> <p>КОН-2,8ПМ и др</p>
Внесение пылевидных удобрений	<p>1. РУП 8 (10; 14); тракторная (кл. 2-3); прицепная; с цистерной штангой и распыливающим устройством; ширина захвата 11 м.</p> <p>2. АРУП-8; АРУП-10; автомобильная; прицепная; с цистерной штангой и распыливающим устройством; распыл 14 м.</p>		
Для внесения жидких минеральных удобрений:	<p>1. ПОМ-630; тракторная (кл. 0,6); монтируемая; две емкости, штанга с распылителями, для сплошного или ленточного внесения</p> <p>2. Агрегат АБА-0,5М; тракторный (кл. 1.4); прицепной; с культиватором с комплектом рыхлительных лап и подкормочных трубок, поршневым насосом; глубина заделки 10-16 см.; ширина захвата 4,5 м.</p> <p>3. Агрегат АША-2; тракторный (кл. 3); аналог АБА; глубина до 14 см., ширина захвата 7,35 м.</p>		<p>1. ПОМ-630;</p> <p>2.ЗЖВ-1,8 и др.</p>
Для внесения связанных «твёрдых» ОУ	<p>1. РОУ-6; РОУ-5; МТТ-4 (7; 8; 9; 10); тракторный (кл.1,4; 2; 3); прицепной; с кузовом, питающим транспортером и разбрасывающее устройство; ширина разброса 6-8 м</p> <p>2. ПРТ-10; ПРТ-7Ш аналог РОУ с разбрасывающим устройством с вертикальным расположением осей; ширина разброса 6-8 м</p> <p>3 Разбрасыватель РУН-15(15А, 15Б); тракторный (кл.3); навесной; с валкообразователем и разбрасывателем с двумя лопастными роторами; и др.</p>		
Внесение полужидких ОУ	<p>1.ТТМ (транспортно-технологическая машина на базе РЖТ-8);_ производительность 28–50 га/ч, грузоподъёмность 8–14 т, ширина разбрасывания 8–10 м, тракторная, кл. 3–5</p>		
Для внесения жидких ОУ	 <p>1. Машина МЖТ-10 (23); ЗЖВ-1,8; РЖУ-3,6; РЖТ-4 (8); тракторная (кл. 2); прицепная; с цистерной, центробежным насосом, с вакуумной системой, ширина разброса 6-12 м</p> <p>2. ПОМ-630; и др.</p>		



а – доставка на почву ТОУ; б – доставка на почву и растения МУ и пестицидов
 Рисунок 1.27 – Схема затрат ГСМ на выполнение основных операций внесения удобрений

В настоящий период в Краснодарском крае уплотнение и переуплотнение почв возросло в 2,9 раза, эрозии подвержено 32 % территории, неэффективно утилизируются пожнивные и стебельчатые отходы растениеводства (часть сжигается), обнаружился дефицит баланса гумуса (примерно 0,46 т/га). Увеличить урожайность пытаются высокими дозами минеральных удобрений (300 кг/га) и пестицидов (2–3 кг/га), хотя для пополнения баланса гумуса необходимы органические удобрения из навоза, которые из-за недооценки (из-за загрязнения почвы – нитратами и сорняками, а также высоких доз 40–60 т/га) не вносят. Наиболее сильно воздействуют на агроландшафты Кубани существующие механизированные процессы основной обработки почвы, сохранения влаги и борьбы с сорной растительностью, для которых нормированный удельный расход топлива при отвальной обработке составляет 25 кг/га, а с дополнительными обработками плюс 81,4–125,4 кг/га доходит до 106,4–150,4 кг/га. При безотвальной обработке почвы 37,2 кг/га соответственно. Сплошная обработка почв гербицидами, а растительности пестицидами, а также применение в больших количествах (до 300 кг/га) минеральных вместо органических удобрений, ведут к загрязнению почв и, соответственно к увеличению затрат на рекультивацию. Поэтому необходим поиск путей снижения общих затрат на почвообработку, что можно сделать следующим образом.

1. Снижения сопротивления почвы рабочим органам.
2. Внедрением рабочих машин, требующих меньше затрат энергии на работу.
2. Снижения фактора химического воздействия (нагрузки) минеральными удобрениями и пестицидами на агроландшафты.
3. Увеличения внесения на почву органических удобрений из навоза.

4. Формированием групп машин на отдельных технологических операциях с меньшими затратами на производство данного вида работ.

5. Снижения уплотнения почвы при отдельных технологических операциях основной обработки почвы.

6. Применение новых технологий обработки почвы – минимальной, нулевой, позволяющих максимально сократить количество проходов по полю.

7. Обязательным соблюдением агротехнических сроков при производстве отдельных технологических операций.

В сельскохозяйственном производстве нет комплексного подхода к разработке инженерных методов и технических решений, которые обеспечат ресурсосбережение при предупреждении деградации почв (сохранении плодородия). Так при интенсивном земледелии, высоки затраты на основную обработку почвы, на которые приходится 18–40 % энергетических затрат и 25 % трудовых затрат.

2 ИСЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

2.1 Описание основных технологических операций обработки почвы и формирование общей целевой функции

Известно, что процесс обработки почвы относится к самым трудоёмким и энергоёмким операциям сельскохозяйственного производства: на неё расходуется от 30 до 40 % всех энергозатрат в сельском хозяйстве [64]. В то же время от качества обработки почти на 25 % зависит урожайность с.-х. культур. Проведём исследования по определению параметров: показателей качества обработки почвы для известных систем (отвальной, безотвальной, ярусной, интенсивной, минимальной, мульчирующей, противоэрозионной) в зависимости от глубины обработки почвы. Для чего проанализируем технические средства (лемешные, дисковые, комбинированные плуги и др.), применяющиеся для основной обработки почвы (на глубину 20-30 см), поверхностной для разрушения почвенной корки перед посевом и после (на глубину 8 см), мелкой при уходе за парами после вспашки (на глубину 8-16 см), глубокой на глубину больше 30 см для углубления пахотного слоя и предотвращения водной эрозии (Приложение Таблица П2.1). Основные параметры (технические характеристики) взяты из паспортов, каталогов, научной и справочной литературы [64, 114, 115, 116, 122 и др.].

При отвальной системе предусматривается оборот пласта, а также заделка пожнивных остатков, семян сорняков и возбудителей болезней в нижние слои пахотного слоя, где первые разлагаются аэробными микробами с образованием минеральных солей, а вторые погибают. Отвальная система широко применяется в районах достаточного и избыточного увлажнения. Ученые И.Б. Ревут, А.Н. Лебединцев, М.И. Чеботарев, Францессон и др. установили существование равновесной плотности (ρ) для различных суходольных типов почв после затопления водой, рыхлая ($\rho=1000-1200 \text{ кг/м}^3$) самоуплотнялась и уплотненная ($\rho=1400-1500 \text{ кг/м}^3$) разуплотнялась, приближаясь к некоторому равновесному состоянию ($\rho=1235-1250 \text{ кг/м}^3$). При увеличении в 1,27–1,34 раза плотности почвы увеличивается сопротивление почвообрабатывающим орудиям, что соответственно отражается на энергоёмкости данного технологического процесса; ухудшается орошение, повышается глыбистая структура; а урожай зерновых колосовых и др. культур снижается на 10–30 %.

Природные условия северной, центральной и таманско-анапской зоны края представлены карбонатными слабо-выщелоченными чернозёмами и каштановыми почвами, плотность которых составляет 1250 кг/м^3 , т.е. пахотный слой в естественном сложении имеет оптимальное строение и если его не переуплотнять, то его и не надо рыхлить на всю глубину. Тяжелые почвы южно-предгорной, западной и черноморской зон и закубанских почв центральной зоны имеют плотность 1300 кг/м^3 . Здесь необходимо рыхление на всю глубину пахотного слоя.

Если коэффициент эрозионной надежности трав принять за 100 %, то озимые имеют 80–85 %, яровые зерновые зернобобовые 30–50 %, пропашные (кукуруза, сахарная свекла, подсолнечник) 25–35 %. С этой точки зрения наиболее нагруженными являются ареалы всех видов черноземов Кубанской равнины, пойменных и плавневых почв Кубанского дельтового района, южные черноземы Таманского полуострова. Уменьшение сельскохозяйственных нагрузок наблюдается в горно-предгорных ландшафтах. Максимально «нагруженными» являются пригородные типы хозяйств, они приобщены к любым почвам и образуют собственную географическую сеть [166].

Окислительно-восстановительные процессы не зависят от крупноглыбистой или мелкофракционной структуры пахотного слоя. Определяющим условием сохранения накопленного количества окисленных соединений является влажность пахотного слоя.

Степень уничтожения сорняков при пахоте лемешными плугами следующая. Погибают от промерзания 12–15 % корневых остатков, которые залегают на глубине 0,18–0,2 м и выворачиваются при вспашке на поверхность, а основная их часть, расположенная в верхнем слое, заделывается в нижние горизонты, где консервируется.

Ротационный плуг, выносит до 25 % корневых остатков на поверхности, причем 7–8 % их уничтожается при воздействии Г – образных ножей. После него качество обработки почвы высокое (степень крошения фракций почвы менее 50 мм, согласно ГОСТ 23728-89–ГОСТ23730-89 – 100 %), но энергозатраты выше (40–50 кВт/м), чем при обработке лемешным плугом (35–45 кВт/м), а также выше перераспределение основной массы сорных растений.

Исследователь Фолкнер, представитель США имел мнение, что кроме высоких затрат энергии при обработке почвы плугом, сам плуг является злодеем в мировой сельскохозяйственной практике, так как он не освобождает почву от сорняков. Миллионы семян сорняков, возможно, будут зарыты плугом, но от предыдущей вспашки миллионы семян вынесутся проростками сорняков на поверхность, а это могут быть семена, которые были запаханы несколько лет назад. Таким образом, альтернативой отвальной вспашки становится безотвальная (поверхностная).

Эффективность безотвальной обработки зависит от её глубины и содержания гумуса. На почвах с высоким содержанием гумуса глубина обработки – 0,1–0,12 м под все культуры, при небольшом содержании гумуса – 0,05–0,06 м под зерновые; 0,1–0,12 м под яровые и зернобобовые, 0,25–0,30 м под пропашные.

Из исследований М.И. Чеботарёва известно [163], что вспашка лемешными или дисковыми плугами рисовых полей приводит к образованию крупных глыб, свальных гребней и развальных борозд (с длиной пласта равной 1–3 м и с отклонениями отметок по высоте равных $\pm 0,28$ –0,4 м). Поэтому для получения отметок по высоте согласно агротребованиям равным $\pm 0,03$ –0,05 м требуется проведение послеплужных и планировочных обработок в предпосевной период. Почвообработка,

представленная дополнительными проходами тяжеловесной техники, спрессовывает (укатывает) почву. Плотность почвы увеличивается, а увеличение плотности почвы на $100\text{--}300\text{ кг/м}^3$ в сравнении с оптимальной, равной $1100\text{--}1300\text{ кг/м}^3$, снижает урожайность на $10\text{--}30\%$ и ведет к росту сопротивления почвы рабочим органам при обработке, или новым дополнительным энергозатратам.

При **безотвальной системе** не предусматривается оборот пласта. Безотвальная вспашка должна обеспечить сохранение на поверхности поля $40\text{--}50\%$ и пожнивных остатков. При этом не допускается крошение почвы на частицы размером менее 1 мм . Скорость вспашки должна соответствовать скорости, установленной для используемых корпусов: $1,4\text{--}2,2\text{ м/с}$ для обычных и $2,2\text{--}3,3\text{ м/с}$ для скоростных. Глубокое рыхление необходимо для аэрации почв, предохраняет от застойного переувлажнения, разрушает плужную подошву, увеличивает мощность корнеобитаемого слоя, способствует накоплению влаги. После обработки поле ровное, стерня сохраняется в верхнем пахотном слое, но корневища сорных растений, которые залегают на глубине $0,18\text{--}0,20\text{ м}$, размещены по всей толщине пахотного слоя и дно пахоты имеет гребни. В том числе известно [7, 64], что полное или частичное сохранение на поверхности почвы стерни и растительных остатков культурных и сорных растений предназначено для обеспечения защиты почвы от эрозии и сбережения влаги. Сохранение стерни достигается при подрезании обрабатываемого слоя почвы без его оборачивания, то есть при безотвальном способе обработки (воздействии рабочими органами почвообрабатывающих орудий и машин на почву без изменения расположения генетических горизонтов и дифференциации обрабатываемого слоя по плодородию в вертикальном направлении). Безотвальная обработка на черноземах повышает объемную массу почвы до оптимума, и обеспечивает дополнительное накопление влаги на $35\text{--}40\text{ мм}$, а, следовательно, и урожая. Безотвальный способ обработки почвы выполняется плугами со снятыми отвалами, плоскорезами, плугами параплау, плугами чизельными (ПЧ), культиваторами тяжёлыми и чизельными культиваторами (ЧК), а также другими орудиями, не производящими оборачивания обрабатываемого слоя почвы (Таблица П2.2), причём при обработке плугом ПЧН дополнительно обеспечивается вынос корневищ сорняков в верхние слои [106].

Из исследований М.И Чеботарёва известно также [106], что производительность безотвальной обработки почвы плугом ПЧН выше в $2,2\text{--}2,7$ раза, чем лемешной отвальной обработки, и составляет $0,84\text{ га/ч}$, а расход топлива ниже на $76\text{--}82\%$. При этом рабочие органы плуга имеют вид пластинчатых стоек с плоскорезующими треугольными лапами, у которых ширина захвата лапы $b_n=0,5\text{ м}$, задний угол $\varepsilon=10\text{--}13^\circ$, угол заточки $i=25^\circ$ (заточка верхняя), угол подъёма $\alpha=\varepsilon+i$, и угол раствора лапы $2\gamma=75\text{--}120^\circ$. При работе отделенной лапой от подошвы пахотный пласт вначале перемещается по лапе, затем пласт, попадая на размещённые под углом $48\text{--}52^\circ$ ворошители, подвергается интенсивному крошению. Пахотный слой после обработки имеет стерню на поверхности и почвенные агрегаты размером $0,15\text{--}0,18\text{ м}$, которые в $2\text{--}3$ раза

меньше в сравнении с агрегатами после отвальной обработки в 1,3–1,6 раза меньше после чизелевания. Корни сорняков (корневища, клубни болотных и др. сорняков перемещены в верхние слои: 55–60 % – в горизонт 0–0,1 м, а 30–35 % вынесены из обрабатываемого слоя на поверхность).

Исследования В.М. Кильдюшкина [42], по разработке и совершенствованию почво и ресурсосберегающих приёмов основной обработки почвы в эрозионных и равнинно западно-степных агроландшафтах западного предкавказья, показали, что эффективными способами почвосбережения (предупреждения деградации почв) являются обработки, такие как: чизельная обработка на глубину 40 см (плугом ПЧ-4,5) на склонах крутизной 3–5°; плоскорезная обработка (культиватором КПЭ-3,8) на глубину 25–27 см со щелеванием до 40 см; вспашка на глубину 25–27 см (плугом ПЛН-4-35) с почвоуглублением на 13–15 см и их сочетания под зерновые культуры на глубину 6–8 см (БДТ-7А). В равнинно-западно-степных агроландшафтах на чернозёмах подтопляемых необходимо применение комбинированных систем обработки, сочетающих чизельную обработку на 40 см и обработку на глубину 25–27 см под пропашные культуры или обработку на глубину 6–8 см под озимые колосовые. При этом чизельную обработку с целью разуплотнения, улучшения водопроницаемости, влагонакопления проводить один раз в три года. Чизельная обработка на глубину 40 см – самая эффективная, так как обеспечивает сокращение склонового стока на 64–84 %. Она сокращает смыв почвы на 72–90 %, уменьшает вынос питательных веществ в виде нитридного азота $N-NO_3$ в 2,2–2,7 раза, фосфора P_2O_5 в 2,3–2,8 раза, калия K_2O в 1,6–1,8 раза. Она разрушает плужную подошву и водоупорный горизонт, обеспечивая водопроницаемость 3,02–3,05 мм/мин в первый час в течение двух лет. Она обеспечивает высокую порозность 56,5–58 % и оптимальную плотность $\rho = 1,18–1,28 \text{ т/м}^3$, позволяет повышать содержание нитратного азота в два раза в сравнении с вспашкой и в четыре раза в сравнении с поверхностной обработкой. Она обеспечивает, в сравнении с вспашкой, снижение затрат ГСМ на 3,6–14 %, а также повышение урожайности на 10,7 %. Она также способствует небольшому росту гумуса на 0,04–0,06 % и наибольшему накоплению продуктивной влаги в слое 0–160 см (196,2–268 мм). Она снижает на посевах озимой пшеницы и ячменя при внесении кальция развитие корневых гнилей с 39,6 до 27,7 %.

Таким образом, исследования В.М. Кильдюшкина подтверждают, что безотвальная система основной обработки почвы в сравнении с отвальной обеспечивает снижение энергозатрат, эрозии, водной дефляции. Однако при бессменной поверхностной обработке почвы происходит её уплотнение в слое 0–20 см от 1,3–1,38 т/м^3 до критических значений в слое 20–40 см до 1,5–1,54 т/м^3 .

Для **поверхностной и мелкой обработки** почвы в современном земледелии стали широко применяться дисковые бороны, так как в сравнении с зубовыми они меньше забиваются. При движении диски со сплошной или вырезной режущей кромкой, вращаясь, отрезают пласт и поднимают его на внутреннюю (вогнутую) поверхность. За счёт поднятия пласта и его падения

почва крошится, частично оборачивается и перемешивается. С увеличением угла атаки (α) от 10 до 25° увеличивается глубина погружения дисков в почву и её крошение. Диски перерезают тонкие корни, перекатываются через толстые, однако на каменистых почвах диски не пригодны лезвия их ломаются. Несколько дисков на квадратной оси образуют батарею пружинным шлейф катком, например, БДМ-4×4 ПС. Совмещение основной обработки почвы с дополнительной обеспечивает повышение крошения почвы, выравнивание её поверхности и её уплотнение. Эти операции выполняются комбинированными агрегатами, состоящими из лемешно-отвальных, чизельных плугов или плоскорезов и различных приспособлений. При предпосевной обработке почвы комбинированные агрегаты за один проход обеспечивают качественное разрыхление почвы, уничтожение сорняков, создание плотного ложа для высеваемых семян, выравнивание поверхности поля.

Примерами комбинированных машин с совмещением основной безотвальной и дополнительной обработок почвы получивших широкое распространение являются агрегаты КПК-4, РВК-3,6, АКП-2,7, КУМ-4 и т.д. В машинах для комбинированной обработки почвы используется широкий набор рабочих органов, таких как: культиваторные лапы на жестких или подпружиненных стойках, зубовые или дисковые бороны, шлейф бороны, выравниватели, различные катки. В Таблице П2.3 приведены параметры, рабочие органы, показатели качества при поверхностной и мелкой системе обработке почвы, в том числе комбинированной.

Комбинированные агрегаты могут иметь также модифицированные стрельчатые лапы, кольчатые, кольчато-шпоровые катки и батареи дисков, например АПК-3, АКП-3,9 и т.д. Комбинированный агрегат КУМ-4 оснащен игольчатыми дисками для мелкого рыхления (6-8 см), плоскорезными лапами для рыхления нижнего слоя (8-16 см), ротационными боронами для рыхления верхнего слоя (4-6 см) и заделки в него пожнивных остатков, выравнивающим брусом и катками. Агрегат одновременно рыхлит почву, уничтожает сорняки, дробит глыбы, выравнивает поверхность, уплотняет почву, формирует устойчивую к эрозии поверхность.

Многочисленные наблюдения показали, что мелкая поверхностная безотвальная обработка на глубину заделки семян озимой пшеницы (0,05–0,06 м) предохраняет почву от дальнейшего иссушения. Всходы получаются дружные, растения хорошо кустятся, более надёжно перезимовывают, растения не полегают и дают доброкачественное зерно, урожаи удваиваются, расходы на обработку (стоимость обработки уменьшается в 40–50 %), а в дождливые годы растения меньше страдают от излишка влаги.

Анализируя существующие методы обработки почвы технические характеристики средств, рабочие органы, общий вид машины, параметры, показатели качества (данные таблиц П2.1, П2.2, П2.3) видно, что результатом операций сплошной обработки почвы является качественный показатель Х (оптимальная плотность почвы, отсутствие сорных растений, оптимальная влажность), от которого зависит влияние на урожайность. Однако имеются трудности установить функциональные зависимости между параметрами ра-

бочих органов, силами сопротивления почвы, физико-механическими свойствами почвы, её структуры и плодородия. В связи с чем, предлагается дальнейшие исследования проводить с использованием логики предикатов и кванторной алгебры [63, 69, 155]. Логика предикатов – это раздел современной логики, изучающей рассуждения и другие языковые контексты с учетом внутренней структуры входящих в них простых высказываний, при этом выражения языка трактуются функционально, т. е. как знаки некоторых функций или же знаки аргументов этих функций. Другой отличительной чертой логики предикатов является использование особого типа логических символов — кванторов и связываемых ими (квантифицируемых) переменных для воспроизведения логических форм множественных высказываний. Добавление к аппарату исчисления предикатов различных постоянных и переменных термов с характеризующими полученную предметную область конкретными аксиомами и схемами аксиом приводит к различным видам прикладных исчислений предикатов.

Логика предикатов начинается с анализа строений высказывания, которые выражают тот факт, что объекты обладают некоторыми свойствами, или находятся между собой в некоторых отношениях. Обозначения логических переменных и основные параметры процесса обработки почвы [132] представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Параметры сплошной обработки почвы

№-№, п-п	Наименование параметров	Обозначения логических переменных x_i
1	Глубина обработки	x_1
2	Ширина корпуса (лапы рабочего органа)	x_2
3	Масса плуга	x_3
4	Производительность	x_4
5	Затраты на обработку почвы (рыхление)	x_5
6	Затраты на компенсацию потерь урожая из-за эрозии почвы	x_6
7	Затраты на компенсацию потерь урожая из-за срыва агротехнических сроков обработки	x_7
8	Затраты на дополнительные обработки, связанные с заделкой не зерновой части урожая и влагосбережение (боронование, культивация, дискование, прикатывание и т.д.)	x_8
11	Общие затраты на обработку почвы	X_9

Логическое программирование начнем с установления предметных переменных x_1, x_2, \dots, x_9 , принимающих значения из некоторой предметной области [88] предметных констант a_1, a_2, \dots, a_m для x_1 ; обозначим предметные

константы следующими буквами для остальных переменных соответственно v для x_2 , $c - x_3$, $d - x_4$, $e - x_5$, $k - x_6$, $l - x_7$, $m - x_8$, $n - x_9$.

В качестве предиката возьмем «**минимум общих затрат на обработку почвы**» $A(x_1...x_9)$. Таким образом, данный многоместный предикат с дополнительными функциональными связями переменных будет выглядеть следующим образом:

$$A(x_1...x_9): x_5=f(x_1,...x_4), x_9=x_5+x_6+x_7+x_8. \quad (2.1)$$

В результате подстановки вместо переменных предметных констант получают высказывания. Наряду с образованием из предикатов высказываний в результате таких подстановок в логике предикатов рассматриваются еще и операции, которые превращают предикат в высказывание. Эти операции называются операциями квантификации (или связыванием кванторами, или навешиванием кванторов).

Произведем навешивание квантора «существования»; **существует такое почвообрабатывающее орудие или тяговая машина**, которые приводят к минимальным общим затратам: $\exists x_9 \cdot A(x_1,...x_9)$.

Переменная x_9 является связанной, а остальные переменные – свободными. Полученное выражение также можно представить в следующем виде:

$$\exists x_9 \cdot A(x_1,...x_9) \equiv A(a_1, b_1, ..., p_1) \vee A(a_2, b_2, ..., p_2) \vee ... A(a_w, b_w, ..., p_w). \quad (2.2)$$

Вторым многоместным предикатом может стать минимум затрат энерго-ресурсов на обработку почвы при рыхлении $B(x_1...x_9)$. Соответственно с квантором существования можно получить выражение – **существует такое почвообрабатывающее орудие и тяговая машина**, которые приводят к минимальным затратам на обработку почвы при рыхлении: $\exists x_5 \cdot B(x_1,...x_9)$.

Существование такого агрегата, включающего почвообрабатывающее орудие и тяговую машину, которые имеют одновременно минимальные затраты при рыхлении и приводят минимуму общих затрат можно представит в виде:

$$\exists x_9 \cdot A(x_1,...x_9) \wedge \exists x_5 \cdot B(x_1,...x_9) \rightarrow \exists x_9 \exists x_5 C(x_1,...x_9). \quad (2.3)$$

Таким образом появляется новый предикат C , который говорит, что на данной области определения имеются агрегаты с минимальными общими затратами и затратами на рыхление. Это высказывание принимает значение «истина», только при тех значениях переменных при которых каждый из предикатов A и B принимали значение «истина». Таким образом, не факт, что области определения предикатов пересекутся.

Все работы на земле необходимо поводить с минимальными воздействиями на экологию. Для данного вида работ можно выразить предикатом

«минимум затрат на компенсацию эрозионных потерь почвы» - $D(x_1, \dots, x_9)$. В соответствии с операцией квантирования можно получить следующее выражение – существует такой почвообрабатывающий агрегат, приводящий к минимуму эрозионных потерь почвы: $\exists x_6 \cdot D(x_1, \dots, x_9)$. Наличие такого почвообрабатывающего агрегата, который имеет одновременно минимальные общие затраты и приводящий к минимальным затратам на эрозионные потери выразим следующим образом:

$$\exists x_9 \cdot A(x_1, \dots, x_9) \wedge \exists x_6 \cdot D(x_1, \dots, x_9) \rightarrow \exists x_9 \exists x_6 E(x_1, \dots, x_9). \quad (2.4)$$

Множество всех элементов $x_1, \dots, x_9 \in M$, при которых предикаты принимают значения “истина” (1), называется множеством (областью) истинности предиката, так например множество истинности предиката $A(x)$ - это множество $\Psi = \{x_1, \dots, x_9 : x_1, \dots, x_9 \in M, A(x) = 1\}$.

Приведенный подход к анализу эффективности работы агрегатов приводит к необходимости исследований первоначально по каждому виду затрат и по каждому агрегату. Указанные выше характеристики почвообрабатывающих орудий хорошо систематизированы, совместно с тяговыми агрегатами, в сборнике [127]. В результате авторы представили нормативную информацию для всей сельскохозяйственной техники, производимой в России, странах СНГ, а также нормы и нормативы на работы, выполняемые сельскохозяйственной техникой производства фирм стран дальнего зарубежья. В данном сборнике указываются нормы выработки и расхода топлива на основные виды механизированных полевых и тракторно-транспортных работ, выполняемых машинно-технологическими станциями (МТС). На механизированные полевые работы они дифференцированы по классам основных показателей технологических свойств угодий (длина гона, угол склона, изрезанность препятствиями, сложность конфигурации, сопротивление почвообрабатывающей техники); технологических факторов (требований) выполнения полевых и транспортных операций (глубина почвообработки, нормы высева семян, внесения удобрений, расхода ядохимикатов; урожайность и машинно-тракторных агрегатов (марка и количество машин, ширина захвата). Представленные нормы выработки (производительность механизированного агрегата в смену) представляют собой произведение рабочей ширины захвата (B_p), рабочей скорости движения (U_p) и чистого времени работы (T_p).

Таким образом, ключевыми показателями эффективности работы машины являются две характеристики – норма выработки (производительность) и расход топлива, которые, в свою очередь, зависят от сложности работ, глубины обработки и состава машины (тип трактора и плуга). Выбор наиболее оптимального состава почвообрабатывающего агрегата для работы в конкретном хозяйстве очень затруднителен из-за многих детерминированных и случайных факторов. Если принимать в качестве критерия минимальное количество топлива, то это может оказаться не самым лучшим вариантом, так

как если большая вероятность получит малопроизводительный агрегат. В связи с этим необходимо получить целевую функцию с двумя критериями оптимизации: расход топлива и норма выработки (производительность). Производительность агрегатов влияет на их количество при выполнении полевых работ, так как существуют определенные нормативные агротехнические сроки. Агротехнические сроки характерны для всех видов работ и зависят от культуры, предшественника и района выполнения полевых работ. Превышение таких агротехнических сроков приводит к снижению урожайности возделываемых культур. В сборнике [127] даны показатели интенсивности потерь урожая при отклонении сроков выполнения полевых работ от агротехнических. Чем больше будет работать агрегатов, тем в более короткие сроки закончится данный вид работ. Нужно также отметить, что себестоимость производства зерновых культур включает затраты на топливо. Как правило, топливо закупается заранее и после реализации урожая хозяйства компенсируют затраты на энергоресурсы. Если обработка почвы будет производиться малопроизводительными агрегатами, то будет наблюдаться ущерб от снижения урожайности и соответственно недополучение финансовых средств, которые могли бы пойти на компенсацию энергетических затрат. Если на предприятии нет значительных средств на замену парка для высокопроизводительного проведения почвообработки и оно имеет ограничения по количеству тракторов и сельхозорудий, а также оно готово идти на снижение урожайности из-за срыва агротехнических сроков полевых работ, то максимально допустимый размер ущерба, который может позволить себе хозяйство, будет равен затратам на топливо. Такое предприятие будет искать другие источники финансирования компенсации затрат на топливо или недополучит часть прибыли от реализации урожая. Следовательно, можно сформулировать следующую целевую функцию по оптимизации количества агрегатов для почвообработки:

$$\Phi = Z_{ГСМ} - Y_{АСР} \Rightarrow 0, \quad (2.5)$$

где $Z_{ГСМ}$ – затраты на ГСМ, руб.; $Y_{АСР}$ – ущерб от срыва агросроков, руб.

Используя известные зависимости входящих параметров, можно также записать:

$$\Phi = C_T \cdot q_a \cdot S_{П} - y_k \cdot C_k \cdot k_u \cdot S_{П} \cdot \Delta n_{\Delta n} \Rightarrow 0, \quad (2.6)$$

где C_T – удельная цена топлива, руб./л; q_a – удельный расход топлива конкретного агрегата, л/га; $S_{П}$ – площадь пахотного участка, га; y_k – урожайность культуры, ц/га; C_k – цена реализации данной зерновой культуры, руб./ц; k_u – коэффициент интенсивности потерь урожая при отклонении сроков выполнения полевых работ от агротехнических; $\Delta n_{\Delta n}$ – количество дней или смен превышающих нормативное значение.

Переведем целевую функцию на удельный вид, разделив обе части на площадь пахотного участка S_{II} . Количество дней или смен превышающих нормативное значение можно определить по формуле:

$$\Delta n_{дн} = n_{факт} - n_{норм} = \frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм}, \quad (2.7)$$

где $n_{факт}$ – фактическое количество дней или смен необходимое для обработки данным агрегатом; $n_{норм}$ – нормативное количество дней или смен для обработки участка; Q_a – сменная норма выработки данного агрегата, га/смену; N_a - количество работающих агрегатов.

С учетом новых выражений целевая функция (руб./га) примет вид:

$$\phi = Ц_T \cdot q_a - y_k \cdot Ц_k \cdot k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм} \right) \Rightarrow 0 \quad (2.8)$$

В качестве критерия оптимизации принимаем количество агрегатов. Как уже отмечалось, многократные проходы по полю приводят к чрезмерному уплотнению и ухудшению физических свойств почвы и в итоге к снижению урожая. Различные тяговые машины имеют различное давление на грунт, и значит, производят разную степень уплотнения почвы. Проводилось много исследований [37,42,65,77] по определению параметров и их значения, влияющих на уплотнение почвы. Все они хорошо согласуются с установленным в литературном источнике [112] таким определением: повышение плотности на $0,1 \text{ г/см}^3$ приводит к недобору 6-8% урожая. Статистическая обработка таблиц исследований [112], связывающих степень уплотнения почвы в зависимости от ее исходной влажности и плотности, а также от давления агрегата, показала: при однократном проходе агрегата с давлением около 80 кПа (гусеничные тракторы), в среднем плотность повышается на $0,106 \text{ г/см}^3$, при стандартном отклонении $0,008 \text{ г/см}^3$; при однократном проходе агрегата с давлением около 180 кПа (колесные тракторы), в среднем плотность повышается на $0,205 \text{ г/см}^3$, при стандартном отклонении $0,024 \text{ г/см}^3$.

По данным литературы [112] за восемь проходов техники по полю можно допустить, что вся поверхность почвы подвергается однократному воздействию сельскохозяйственного агрегата. Следовательно, однократный проход агрегата, с повышением плотности почвы по проходу на $0,1 \text{ г/см}^3$, снижает общую урожайность с поля на 0,8-1%. Уточним целевую функцию (4) с учетом уплотнения почвы пахотным агрегатом:

$$\phi = Ц_T \cdot q_a - y_k \cdot Ц_k \cdot \left[k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм} \right) + k_y \cdot (0,008 - 0,01) \right] \Rightarrow 0 \quad (2.9)$$

где k_y – коэффициент уплотнения почвы.

Коэффициент уплотнения почвы k_y рассчитывается следующим образом:

от количества агрегатов дает точку оптимума. Так пересечение «ущерб 1» и «затраты на топливо 3» происходит при количестве агрегатов равное 6. Если агрегат будет работать в более экономичном режиме или снабжен более экономичным тяговым устройством, то точка 6 (маркер «квадрат») перейдет в точку 9 (маркер «ромб»). Оптимальное количество таких агрегатов будет равно 9. При этом суммарные затраты на энергоресурс и компенсацию ущерба (от срыва агротехнических сроков и уплотнения почвы), будут гораздо меньше. Это связано с тем, что уменьшаются обе составляющие затрат – на топливо и компенсацию ущерба. Однако увеличивается количество почвообрабатывающих агрегатов. Если не будет такого количества агрегатов в наличии можно обрабатывать меньшим составом и при этом сократятся общие затраты (за счет затрат на топливо).

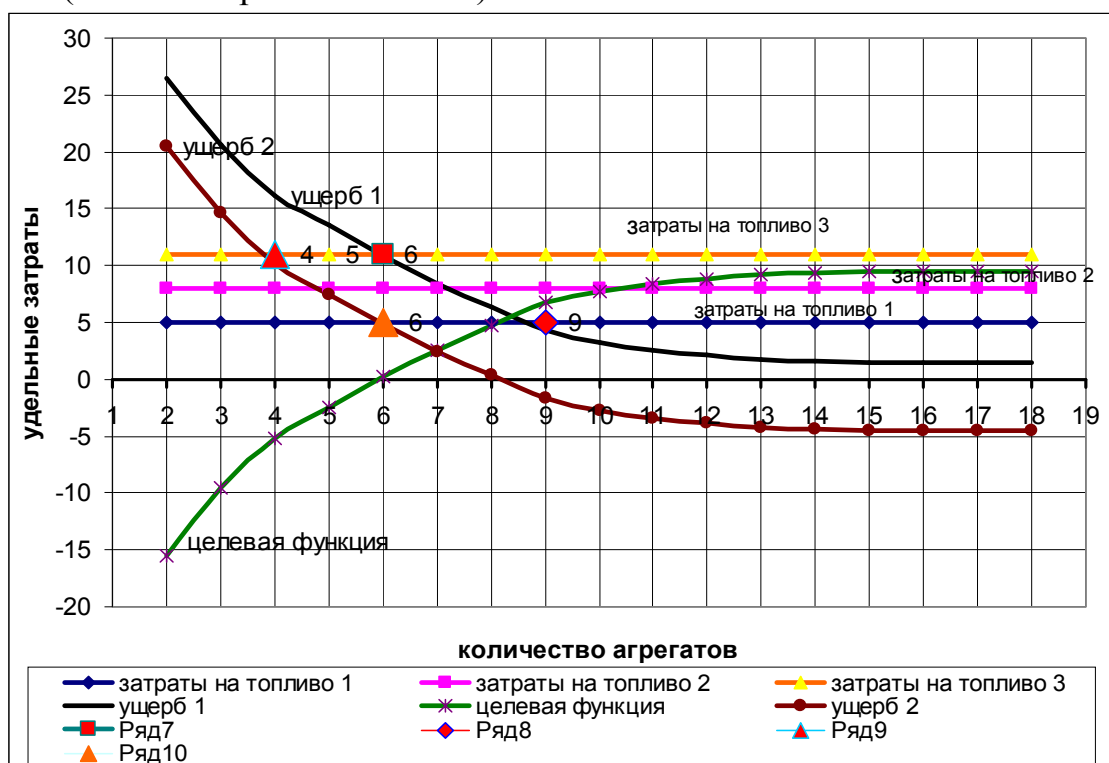


Рисунок 2.1 – Вид целевой функции и ее составляющих при изменении количества агрегатов

Если будет использоваться новый агрегат, который имеет большую производительность и (или) меньшее давление на почву, то точка 6 «квадрат» перейдет в точку 4 «треугольник», на кривую «ущерб 2». Таким образом, можно будет использовать 4 агрегата при тех же значениях ущерба. Если будет работать другой агрегат, имеющий большую производительность с меньшим расходом топлива, точка оптимума будет 6 «треугольник». Это будет наиболее эффективная реализация, так как одновременно уменьшаются все затраты и количество агрегатов. Таким образом при поиске оптимума необходимо стремиться к меньшему количеству агрегатов и иметь минимальные затраты на топливо и компенсацию ущерба, что можно представить следующим выражением:

$$\begin{cases} \Phi = Z_{ГСМ} - Y_{ОБЩ} \Rightarrow 0 \\ Z_{ГСМ} + Y_{ОБЩ} \Rightarrow \min \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} \phi = \Pi_T \cdot (a_n \cdot H + b_n \cdot Q_{ан} + c_n \cdot \Gamma_{сл}) - y_k \cdot \Pi_k \cdot \left[k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм} \right) + \Delta \rho_{факт} \cdot k_{cy} \right] \Rightarrow 0 \\ \Pi_T \cdot (a_n \cdot H + b_n \cdot Q_{ан} + c_n \cdot \Gamma_{сл}) + y_k \cdot \Pi_k \cdot \left[k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм} \right) + \Delta \rho_{факт} \cdot k_{cy} \right] \Rightarrow \min \end{cases} \quad (2.14)$$

Сложность дальнейших исследований по целевой функции заключается в наличии большого количества входящих параметров изменяющихся (чаще всего случайно) по объективным и субъективным причинам.

Таким образом, мы имеем многомерную случайную величину с функцией распределения $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и существует функция плотности $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, такая, что

$$F(x_1, \dots, x_n) = \int_{-\infty}^{x_1} \dots \int_{-\infty}^{x_n} f(x_1, x_2, \dots, x_n) dx_1 dx_2 \dots dx_n. \quad (2.15)$$

N -мерная плотность распределения $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, которая есть производная от функции распределения:

$$f(x) = \frac{d^n F(x_1, x_2, \dots, x_n)}{dx_1 dx_2 \dots dx_n}; \quad F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \int_{-\infty}^{x_1} \int_{-\infty}^{x_2} \dots \int_{-\infty}^{x_n} f(x_1, \dots, x_n) dx_1 dx_2 \dots dx_n. \quad (2.16)$$

Вероятность того, что случайный вектор примет значение, лежащее в области N -мерного пространства, равна интегралу по этой области от n -мерной плотности распределения. Вероятность попадания случайной точки с координатами X_1, X_2, \dots, X_n в область D обычно выражается интегралом:

$$P[(X_1, X_2, \dots, X_n) \in D] = \iint_D \dots \int f(x_1, x_2, \dots, x_n) dx_1 dx_2 \dots dx_n. \quad (2.17)$$

Дальнейший аналитический анализ связан с исследованием громоздких формул и в этом случае дальнейший анализ целевой функции нужно вести только с помощью имитационного моделирования [88]. Среди математических моделей наряду с аналитическими, стохастическими, матричными, многомерными, оптимизационными, эволюционными выделяется особый тип – имитационные модели, связанные с использованием ЭВМ. Обычно под имитационной моделью понимают программу, которая в процессе ее реализации на ЭВМ позволяет имитировать поведение реальной системы в разных условиях. Существует определение: имитационная модель – логико-

математическое описание системы, которое может быть исследовано в ходе проверочных экспериментов на цифровой ЭВМ и ... может считаться лабораторной версией системы [4] (Прицкер, 1987, с. 14). Имитационные модели представляют собой наиболее гибкий метод моделирования систем любой сложности, линейных и нелинейных, с обратной связью и сетями управления. Для построения имитационных моделей часто используют стохастический и автоматный способы математического описания. Стохастические модели исследуют сложное поведение случайных величин и для расчетов используют формулы принятых законов распределения. Объектами настройки в таких моделях выступают параметры распределений – средние, дисперсии, объемы выборок. Автоматные модели, отражающие дискретные события и поведение, должны содержать логические функции, в первую очередь функцию листа Excel =ЕСЛИ(). Эта функция определяет смену состояний моделируемой системы в соответствии с изменившимися внешними условиями. При этом динамика состояния внешних воздействий может быть описана алгебраическими моделями. Цель автоматного моделирования состоит в определении критических уровней переменных. В нашем случае используется стохастическое и автоматное моделирование. В таблице 2.2 приведен список переменных, законы распределения случайных величин с основными статистическими характеристиками для случая, когда агрофон представляет собой пласт многолетних трав. Значения переменных (диапазон, среднее, стандартное отклонение) принимаются в зависимости от состава агрегата, статистических данных по урожайности в конкретном регионе и сложившихся рыночных цен на топливо и зерно. Расчеты ведутся на площадь пашни в 1000 га.

Таким образом, мы имеем 11 переменных параметров. Дальнейшее имитационное моделирование будем вести по методу Монте-Карло (Monte-Carlo Simulation), которое позволяет построить математическую модель с неопределенными значениями параметров, и, зная вероятностные их распределения, а также связь между изменениями параметров (корреляцию) получить вероятностное значение нужного параметра. Укрупненная блок-схема имитационного моделирования с использованием метода Монте-Карло представлена на рисунке 2.2. Основой всей схемы моделирования является блок «Имитационные прогнозы». Алгоритм работы этого блока выглядит следующим образом (Рис. 2.3). На имеющуюся модель со случайными параметрами подаются входные сигналы от генератора случайных чисел ГСЧ через преобразователь закона случайных чисел ПЗСЧ. Модель обрабатывает входной сигнал x по некоторому закону $y = \varphi(x)$ и выдает выходной сигнал y , который также является случайным. Естественно, если входных сигналов несколько, то каждый сигнал обрабатывается и формируется общий сигнал. Выходной сигнал модели поступает на блок накопления статистики БГСтат, где производится счет количества экспериментов и сортировка накопленных данных. Здесь также проверяется условие реализации событий: если условие реализовалось, то счетчик события увеличивается на 1.

Таблица 2.2- Список переменных целевой функции и ее характеристики

Переменная, ед. измерения	Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии				
	1; K701+ПТК9-35; $a=1,07$; $b=0,0082$; $c=1,93$				
	Вид	Закон распределения	Диапазон изменения	Среднее	Ст. отклонение
1	2	3	4	5	6
C_T , руб/л. (цена топлива)	Стохастическая	Равномерный	24,5-29,8	-	-
H , см, (глубина вспашки)	Стохастическая	Равномерный	25-27	-	-
$Q_{ан}$, га/смену, (норма выработки)	Стохастическая	Нормальный	8-14	11	1
$G_{сл}$, о.е. (группа сложности)	Стохастическая	Равномерный	1-4	-	-
Y_K , ц/га, (урожайность культуры)	Стохастическая	Нормальный	42-72	57	5
C_K , руб./ц	Стохастическая	Равномерный	610-675	-	-
k_u , (коэффициент интенсивности потерь урожая при отклонении агросроков)	Дискретная			0,0011	
N_a , (количество агрегатов)	Дискретная			2-19	
$n_{норм}$, (нормативное количество смен)	Дискретная			5-15	
$\Delta\rho_{факт}$, г/см ³ , (фактическое увеличение плотности почвы)	Стохастическая	Нормальный	0,133-0,277	0,205	0,024
k_{cy} , см ³ /г (коэффициент снижения урожайности с учетом уплотнения почвы)	Стохастическая	Равномерный	0.08-0,1	0,09	



Рисунок 2.2 – Укрупненная блок-схема имитационного моделирования

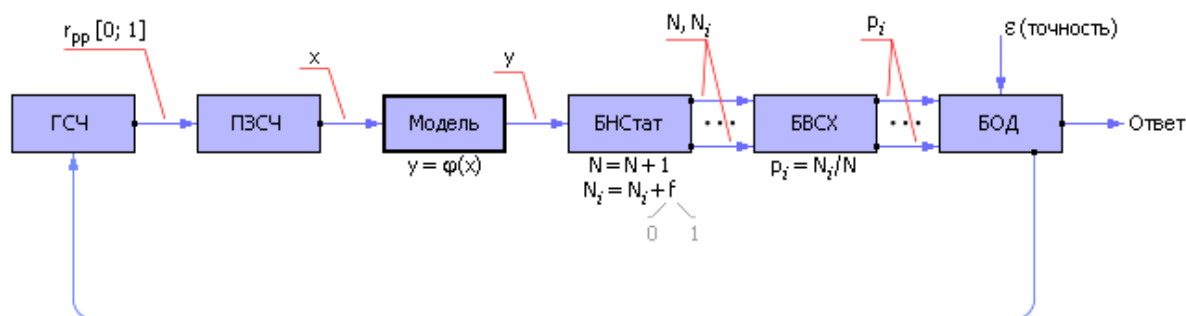


Рисунок 2.3- Блок-схема работы «Имитационные прогнозы».

При нескольких событиях устанавливается несколько счетчиков N_i . Далее рассчитывается отношение N_i к N в блоке вычисления статистических характеристик БВСХ с использованием метода Монте-Карло и оценивается вероятность p_i появления события i , то есть определяется на частоте его выпадения в серии из N опытов. При большом количестве опытов N частота появления события, полученная экспериментальным путем при помощи ЭВМ, стремится к значению теоретической вероятности появления события. В блоке оценки достоверности (БОД) анализируют степень достоверности статистических экспериментальных данных, снятых с модели (точность результата ε , заданную пользователем) и определяют необходимое для этого количество статистических испытаний. Если колебания значений частоты появления событий относительно теоретической вероятности меньше заданной точности, то экспериментальную частоту принимают в качестве ответа, если нет

- генерацию случайных входных воздействий продолжают, и процесс моделирования повторяется.

Разработанный полный алгоритм вероятностной модели целевой функции по определению состава пахотного агрегата и его технологических параметров представлен на рисунке 2.4.

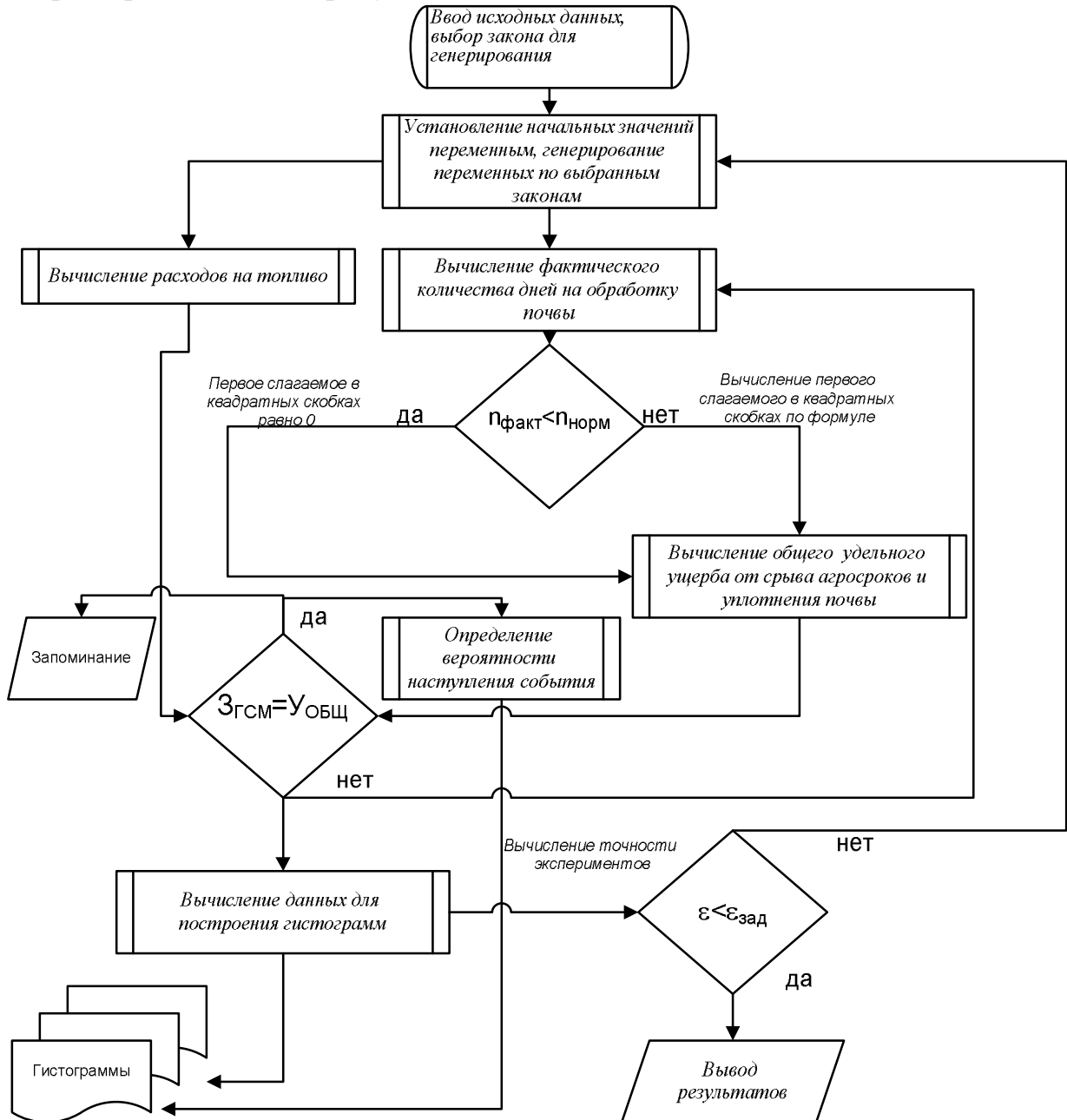


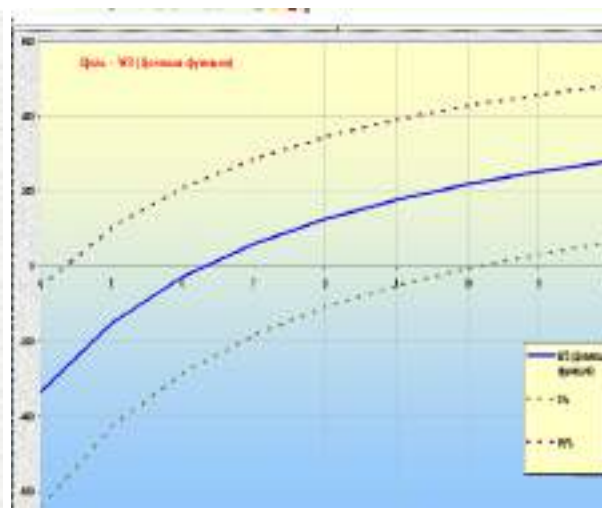
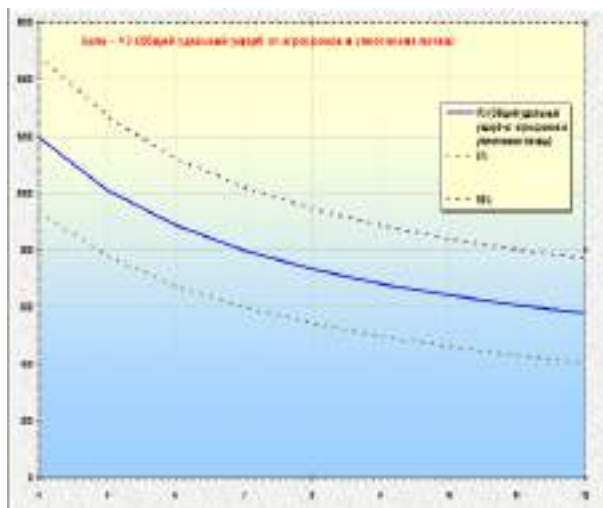
Рисунок 2.4 – Алгоритм вероятностной модели целевой функции по определению состава пахотного агрегата и его технологических параметров

Работа вероятностной модели по данному алгоритму начинается с 1-го оператора «Ввод исходных данных, выбор закона для генерирования», при этом вводятся 11 переменных и принимаются законы распределения случайных величин согласно данным таблицы 2.2. Оператор «Установление начальных значений переменным, генерирование переменных по выбранным законам» производит подстановки начальных значений, в частности, принимается количество агрегатов (N_a) равно 2 и минимальное требуемое значение

количества дней на обработку почвы ($n_{норм}$) равное 5. После этого оператор «Вычисление расходов на топливо» производит определение расходов на топливо (формула 2.13), а оператор «Вычисление фактического количества дней на обработку почвы» устанавливает необходимое фактическое количество дней на обработку почвы данным составом пахотного агрегата. Далее, на следующем шаге, производится сравнение фактического количества дней на обработку с нормативным, и если это значение меньше нормативного, то первое слагаемое в квадратных скобках (целевой функции) принимается равное 0, если больше – производится дальнейшее вычисление по соответствующей формуле и переход к следующему оператору. Следующий оператор «Вычисление фактического количества дней на обработку почвы» определяет общий удельный ущерб по формуле целевой функции. На последующем операторе производится сравнение полученного общего удельного ущерба с удельными затратами на топливо. Если они равны, то фиксируется достижение оптимума, если нет – то вычисляются данные для построения гистограммы и переход на начало алгоритма и подстановки следующих значений переменных. Также в алгоритме определяется точность эксперимента и моделирование продолжается до тех пор пока не достигнет погрешность нужно минимального уровня.

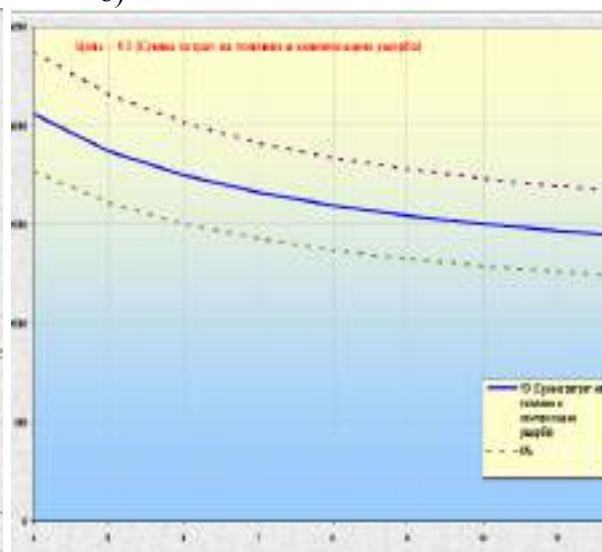
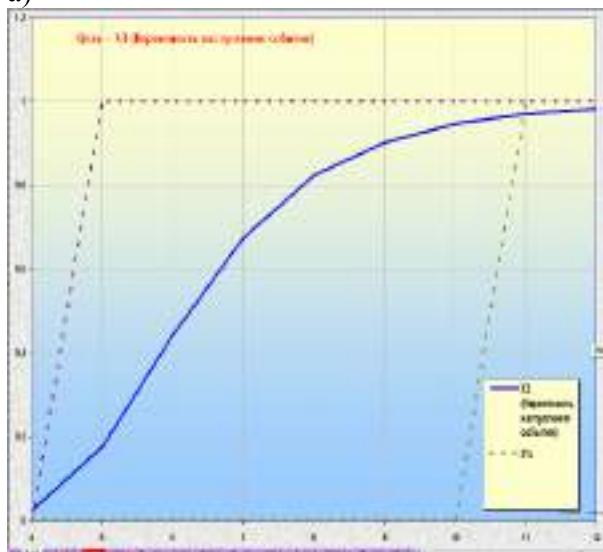
Реализацию моделирования по методу Монте-Карло будем проводить с использованием специальной надстройки в Excel. Отдельные итоги моделирования по 1-й группе агрегатов (К701+ПТК9-35) представлены на рисунке 2.5. Первый график (Рис.2.5, а) показывает зависимость общего удельного ущерба от срыва агросроков и уплотнения почвы от количества агрегатов. Также на всех графиков наносится вероятностный 95% уровень значений. На втором графике (Рис.2.5, б) показана целевая функция и точка пересечения с осью абсцисс (оптимальное значение количества агрегатов). Третий график (Рис.2.5, в) показывает вероятность наступления события целевой функции с зоной доверительной вероятности. Четвертое изображение (рис.2.5, г) представляет как изменяются затраты на топливо и общие ущербы от количества агрегатов. Программа также позволяет выводить гистограммы моделирования по каждой переменной, так например, на изображениях (рис.2.5, д, е) показаны виды изменения целевой функции и общего удельного ущерба от срыва агросроков и уплотнения почвы в зависимости от количества агрегатов. Кроме того все данные выводятся в табличной форме, как показано в примере (Приложение П2.5), с указанием количества экспериментов (обычно 10 тыс. шт.) и времени моделирования (80-120 с).

По каждому агрегату проводилось моделирование для трех нормативных значений агросроков 5, 10, 15 дней и отдельным агрофонам. В таблице 2.3 приведены данные по результатам моделирования первой группы (К701+ПТК9-35) и агрофону – пласт многолетних трав. Из таблицы 2.3 можно получить информацию по оптимальному значению количества агрегатов при различных нормативных агросроках при соответствующих ущербах, а также сроках превышающих данные нормативы. Такие данные получены по всем 16-ти группам и сведены в таблицу П2.6 (Приложение 2.6).



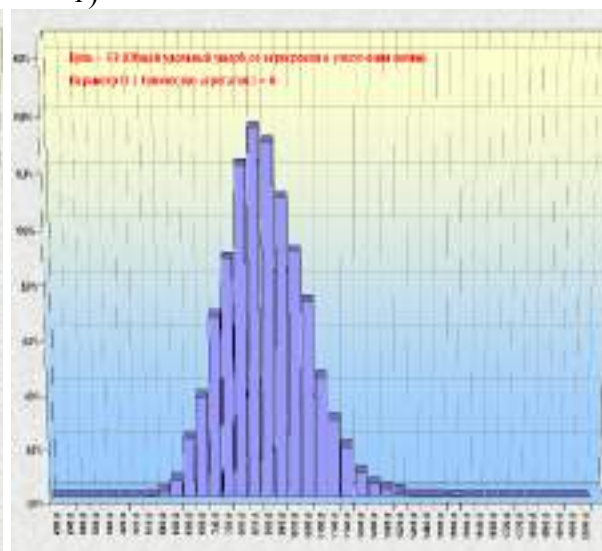
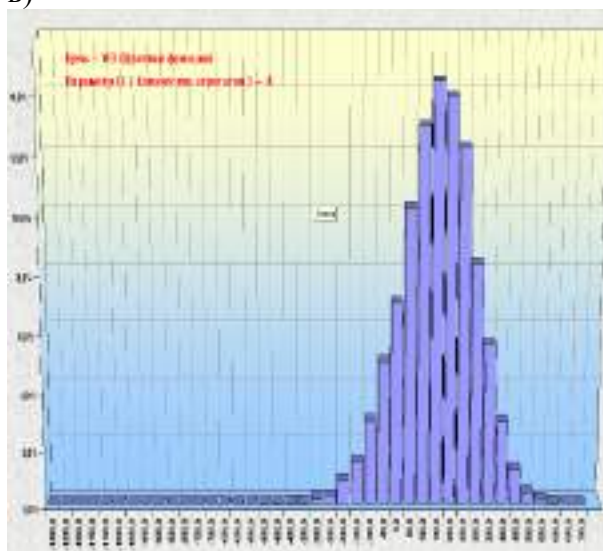
а)

б)



в)

г)



д)

е)

Рисунок 2.5- Изображения результатов моделирования по 1-й группе агрегатов (К701+ПТК9-35)

На основе сводных данных моделирования получено геометрическое место оптимального количества агрегатов с соответствующими общими удель-

ными затратами (для нормированного значения агросроков равное пяти дням), для всех 16 групп (Рис.2.6). Аналогичные графики можно получить и для другого значения агросроков.

Таблица 2.3- Данные по результатам моделирования целевой функции по первой группе агрегатов и агрофону – пласт многолетних трав

Переменные, ед. измерения	Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии								
	1; K701+ПТК9-35; $a=1,07$; $b=0,0082$; $c=1,93$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	8-14			11			1		
$\Delta\rho_{факт}$, г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{норм}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб./га	684-1053	684-1053	684-1053	862	862	862	68	68	68
Y , руб./га	462-1415	487-1420	390-1351	883	890	811	128	127	130
$Z_{ГСМ} + Y$	1294-2376	1256-2332	1198-2306	1745	1752	1673	139	144	147
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				9 (1745)	6 (1752)	5 (1673)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				6 (1950)	4 (2060)	4 (1858)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				16 (1566)	10 (1505)	6 (1550)			
$n_{факт}$				10;15;6	15;23;9	18;23;15			

Из данного графика можно определить наиболее эффективную группу агрегатов по значениям количества агрегатов и значению удельных затрат. Эффективность следует определять, начиная с минимального значения удельных затрат. Так по графику видно, что наиболее эффективной будет 15, затем 13 группа и так далее. Расположение по эффективности в порядке убывания представлено в таблице 2.4.

Однако наблюдая графики можно увидеть, что при малых затратах иногда наблюдается высокое значение количества агрегатов. Поэтому лучше сравнивать графики зависимостей количества агрегатов от затрат по каждой группе (Рис.2.7).

Таблица 2.4- Ранжирование групп агрегатов по оптимальному количеству агрегатов и уровню удельных затрат

Группа	15	13	4	16	5	7	6	8	9	11	10	14	2	12	3	1
место	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

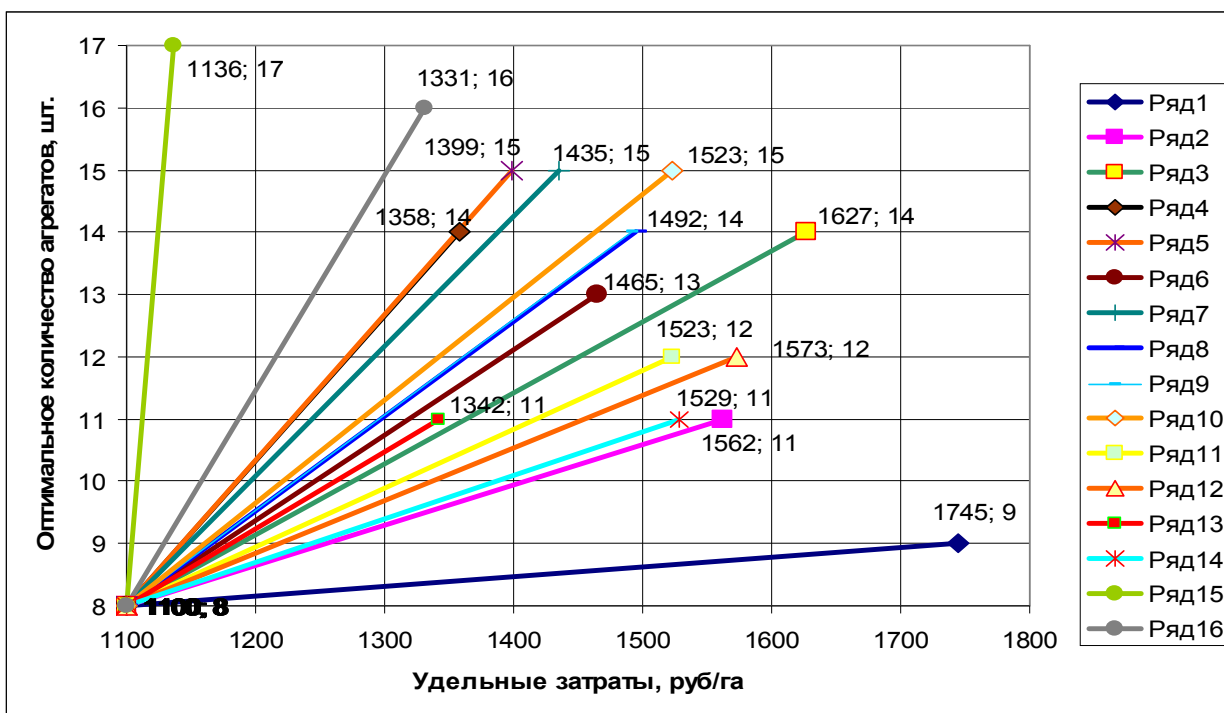


Рисунок 2.6 – Геометрическое место оптимального значения количества агрегатов и соответствующие общие удельные затраты

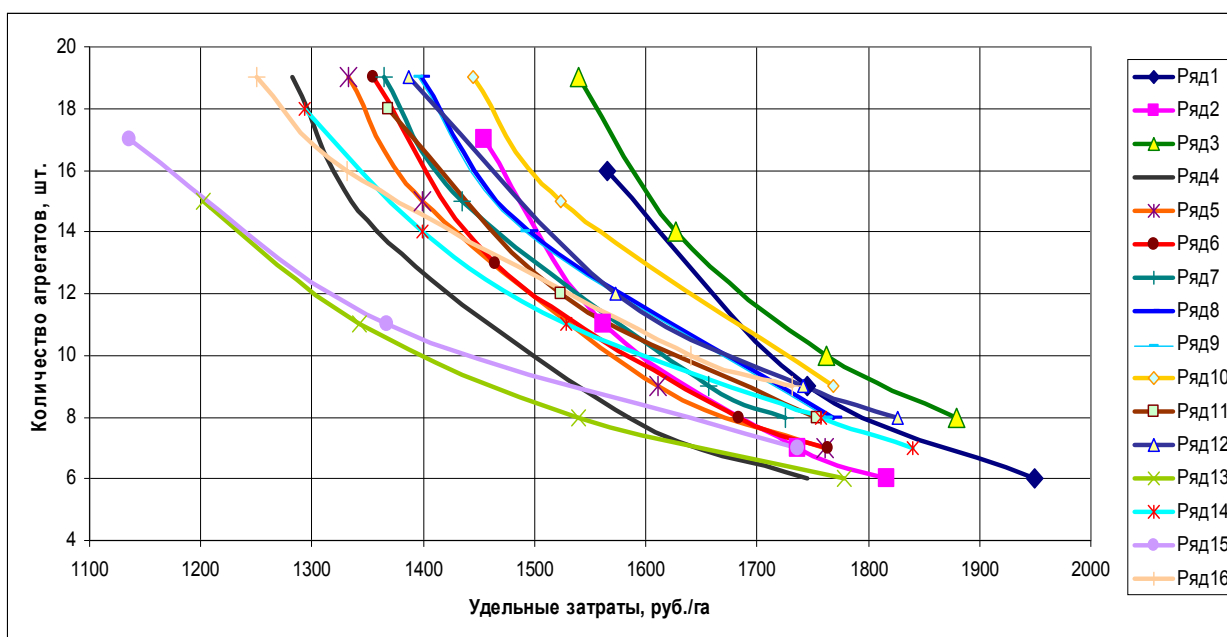







Рисунок 2.7 – Графики зависимостей количества агрегатов от затрат по каждой группе

Чем ближе график к началу координат, тем эффективней группа. Все агрегаты можно разделить по эффективности при оптимальном их количестве на 4 группы (таблица 2.5). Первая группа – «Агрегаты высокой эффективности» (удельные затраты 1136-1342 руб/га): тракторы Т4-А, ДТ-75М, «Агромаш-90ТГ» с плугами ПН6-35; вторая группа – «Агрегаты повышенной эффективности» (удельные затраты 1358-1465 руб/га): тракторы фирм Джон Дир», «Нью Холланд», «Денц-Фар» с 4-х корпусными плугами фирмы «Джон

Дир», а также с 6-ю корпусными плугами фирм «Кивонь» и «Лемкен» мод. 160-6 и сюда же относятся тракторы Т4-А, Т-150К с плугами ПН4-35 и ПЛН6-35; третья группа – «Агрегаты умеренной эффективности» (удельные затраты 1492-1529 руб/га) : тракторы Т-150К с плугами ПЛН6-35, ПЛН5-35, ПН4-40, и «Кивонь» и «Лемкен»; четвертая группа – «Агрегаты низкой эффективности» (удельные затраты 1562-1745 руб/га): тракторы К701 с плугами ПТК9-35, ПП7-40, ПП8-35 и трактор Т-150К с плугами ПЛН4-35, а также тракторы МТЗ-1221 с плугами ПН4-35. Нужно также отметить, что внутри группы тракторы МТЗ-1221, имеют большее преимущества перед Т-150К.

Таблица 2.5 – Ранжирование агрегатов по группам эффективности

Эффективность, (группа)	Удельные затраты, руб./га	Состав агрегата
Высокая (13)	1358-1465	Т4-А+ ПН6-35 (ПЛН6-35) 
Высокая (15)	1358-1465	ДТ-75М (Агромаш 90ТГ) + ПН6-35 (ПЛН6-35) 
Высокая (16)	1358-1465	ДТ-75М (Агромаш 90ТГ)+ ПН4-35) 

			
<p>Повышенной эффективности (4)</p>	<p>1358-1465</p>	<p>“Джон Дир” мод. 8100, “Нью Холланд” мод. G-210, “Фент” мод. Фаворит 822 + плуги IP1-4 — четырехкорпусные фирмы “Джон Дир”</p>    	
<p>Повышенной эффективности (5)</p>	<p>1358-1465</p>	<p>ITr-180+ IP1-4 - “Джон Дир” мод. 7810, “Денц-Фар” мод. Агротрон 175, “Нью Холланд” мод. 8560)</p>    	

<p>Повышенной эффективности (6)</p>	<p>1358-1465</p>	<p>ITr-180+ IP1-6 - плуги шестикорпусные фирм “Кивонь” и “Лемкен” мод. 160-6</p>    
<p>Повышенной эффективности (7)</p>	<p>1358-1465</p>	<p>T-150K + ПЛН6-35</p>  
<p>Повышенной эффективности (14)</p>	<p>1358-1465</p>	<p>T4-A + ПН4-35</p>  
<p>Умеренной эффективности (8)</p>	<p>1492-1529</p>	<p>T-150K + ПЛН5-35</p>  
<p>Умеренной эффективности (9)</p>	<p>1492-1529</p>	<p>T-150K + ПН4-40</p>

		 
Умеренной эффективности (10)	1492-1529	<p>T-150K + ПЛН4-35</p>  
Умеренной эффективности (11)	1492-1529	<p>МТЗ-1221 + IP1-6 (ЕвроОпал 5)</p>  
Низкой эффективности (1)	1562-1745	<p>К701+ ПТК9-35</p>  
Низкой эффективности (2)	1562-1745	<p>К700+ ППП7-40</p>  
Низкой эффективности (3)	1562-1745	<p>К700+ ПП8-35</p>

		
Низкой эффективности (12)		МТЗ-1221 + ПН4-35 

Несмотря на то, что для отдельных групп оптимальное значение количества агрегатов кажется высоким, нужно больше обращать внимание на общие затраты. Так для 4-й группы если нанести точку оптимума количества агрегатов на график зависимости количества агрегатов от удельных затрат (Рис.2.8), точка 14 (маркер «квадрат»), то мы видим что затраты составляют 1350 руб./га.

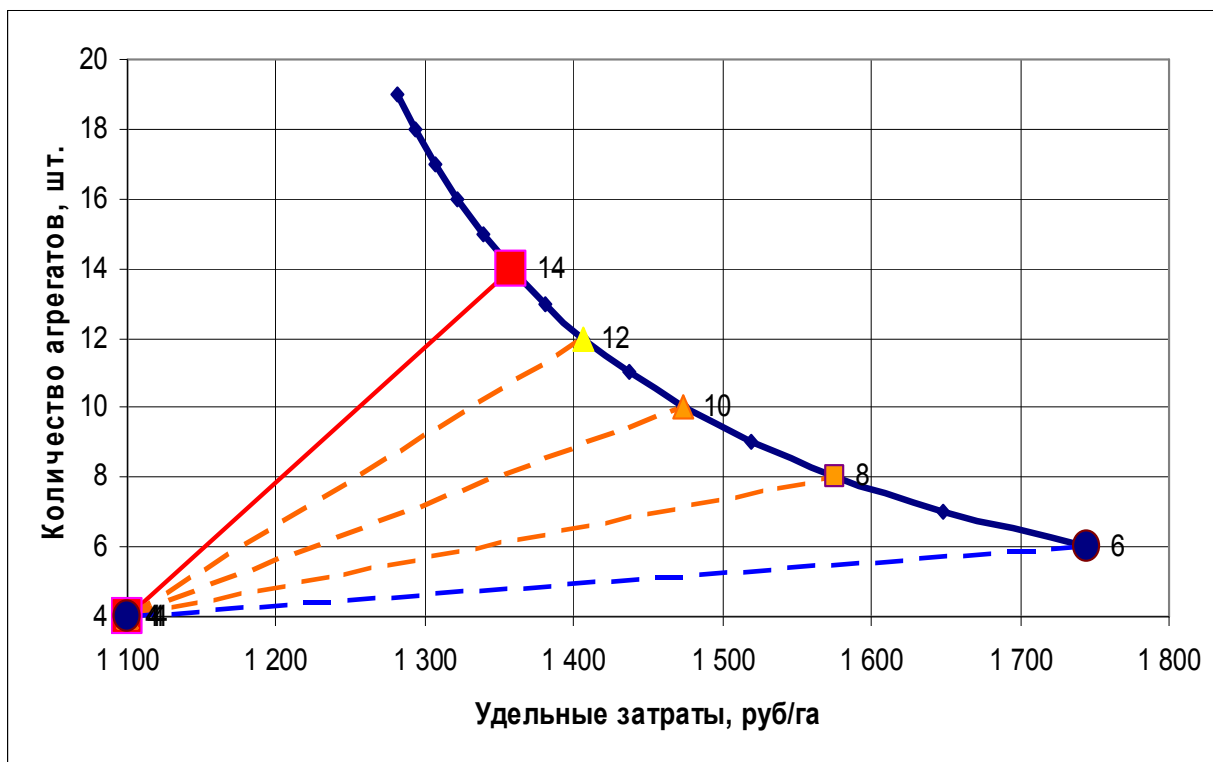


Рисунок 2.8 – График зависимости количества агрегатов от удельных затрат для 4-й группы агрегатов с нанесением точки оптимума

Если предприятие не может вывести на поле столько агрегатов, то можно спуститься по графику вниз – в более высокое значение затрат точки 12, 10, 8, 6. В конечной точке мы имеем значение 6 агрегатов при удельных затратах 1750 руб./га. Для сравнения первая группа (трактор К701) при таком ущербе имеет значение количества агрегатов равное 9. В зависимости от нормативного количества дней на обработку почвы и состава агрегата сформирована таблица 2.6, в которой приведены данные по количеству агрегатов и фактическому необходимому количеству дней на обработку почвы при общем ущербе на уровне 1750 руб./га. Так, например, для первой группы (К701+ПТК9-35) при норме обработке почвы равной 5 дня необходимо иметь 9 агрегатов и обработка пройдет за 10 дней, соответственно при норме 10 дней – 6 агрегатов и 15 дней, при 15 днях – 5 агрегатов и 18 дней. При таком общем значении затрат для 13 группы (Т4-А + ПН6-35), соответственно для 5 дней – 6 агрегатов и 24 дня, для 10 дней - 5 агрегатов и 29 дней, для 15 дней - 4 агрегата и 36 дней. Отсюда видно, что для более эффективных агрегатов требуется меньше их количество и можно позволить себе произвести задержку нормативных сроков обработки.

Таблица 2.6 – Сводные данные по количеству агрегатов и необходимому фактическому количеству дней на обработку почвы

Группа по составу агрегата, состав агрегата	Количество агрегатов/фактическое количество дней на обработку		
	Нормативное количество дней		
	5	10	15
1; К701+ПТК9-35	9/10	6/15	5/18
2; К700+ ПП7-40	7/12	5/17	4/21
3; К700+ ПП8-35	10/12	7/17	6/19
4; ITr-220+ IP1-4	6/17	5/20	4/25
5; ITr-180+ IP1-4	7/17	6/20	5/24
6; ITr-180+ IP1-6	7/16	6/19	5/22
7 Т-150К + ПЛН6-35	8/16	6/21	5/25
8 Т-150К + ПЛН5-35	8/16	6/21	5/25
9 Т-150К + ПН4-40	8/16	6/21	5/25
10 Т-150К + ПЛН4-35	9/16	7/20	5/25
11 МТЗ-1221 + IP1-6	8/17	6/23	5/28
12 МТЗ-1221 + ПН4-35	9/17	7/25	6/25
13 Т4-А + ПН6-35	6/24	5/29	4/36
14 Т4-А + ПН4-35	8/21	7/22	6/28
15 ДТ-75М (Агромаш 90ТГ)+ ПН6-35	7/25	6/30	5/36
16 ДТ-75М (Агромаш 90ТГ)+ ПН4-35	9/23	8/26	6/34

Для облегчения сопоставления можно привести все группы агрегатов к одному значению удельных затрат, взяв за базовое значение 1-ю группу (трактор К701). Результаты сведены в таблицу 2.7, из которой видно, что состав сформированных групп по эффективности практически совпадает, от-

дельные отклонения связаны с тем, что графики перекрещиваются (Рис.2.7) и поэтому на фиксированных значениях удельных

Таблица 2.7 – Сводные данные по сопоставлению групп агрегатов относительно удельных затрат

Группа по составу агрегата (место в ранге)	Количество агрегатов (значение затрат, руб./га) при нормативном значении агросроков, дней		
	5	10	15
1 (4)	9(1745)	6(1752)	5(1673)
2 (2)	7(1737)	5(1724)	4(1696)
3(5)	10(1762)	7(1762)	6(1670)
4 (1)	6(1745)	5(1680)	4(1683)
5 (2)	7(1761)	6(1677)	5(1634)
6 (2)	7(1764)	6(1669)	5(1623)
7 (3)	8(1726)	6(1735)	5(1695)
8 (3)	8(1769)	6(1782)	5(1749)
9 (3)	8(1763)	6(1772)	5(1736)
10 (4)	9(1769)	7(1746)	5(1736)
11 (3)	8(1754)	6(1782)	5(1770)
12 (4)	9(1741)	7(1735)	6(1677)
13 (1)	6(1778)	5(1774)	4(1861)
14 (3)	8(1757)	7(1677)	6(1635)
15 (2)	7(1736)	6(1709)	5(1745)
16 (4)	9(1732)	8 (1648)	6(1790)

затрат нужно каждый раз заново определять количество агрегатов.

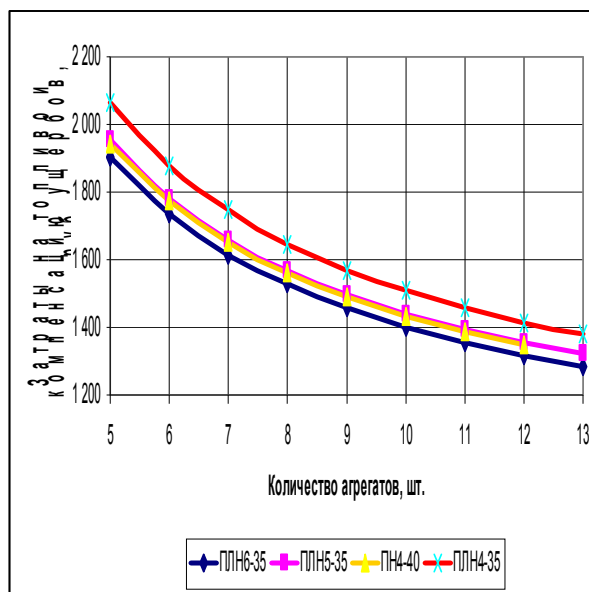
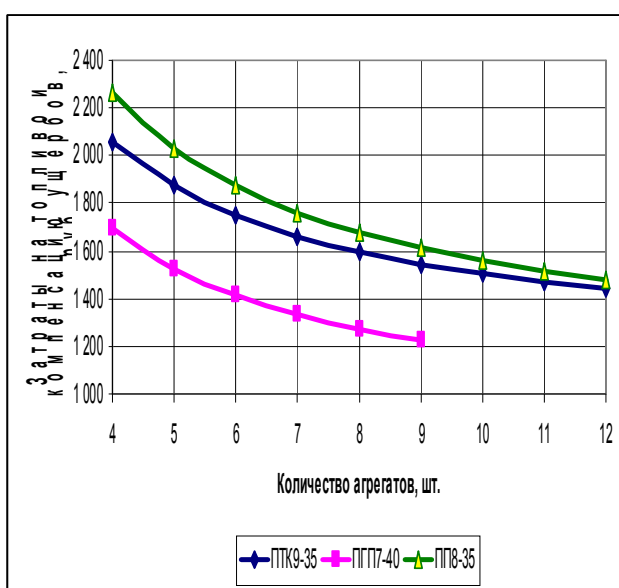
По данным таблицы 2.7 также видно, что чем больше нормативное значение агросроков, тем меньше разброс в количестве агрегатов от отдельных групп.

Произведена оценка эффективности замены почвообрабатывающего орудия на одном тракторе. Так на рисунке 2.9 представлены графики зависимостей затрат на топливо и компенсацию ущербов в зависимости от количества агрегатов для тракторов К-700 и Т-150К. Для трактора К-700 наиболее эффективным является орудие типа ПП7-40 и при работе с ним затраты в среднем на 22% ниже по сравнению с ПТК9-35 и на 32% с ПП8-35. Для тягового средства Т-150К замена рабочего органа типа ПЛН6-35 не оказывает существенного влияния на эффективность: на 3% по сравнению с ПЛН5-35 и ПН4-40; на 9% по сравнению с ПЛН4-35.

Анализ эффективности замены орудий ПН6-35 на ПН4-35 на тракторах Т4-А и ДТ-75М (Рис.2.10) показал, что данная замена приведет на обоих тракторах снижению затрат на 16%. Следовательно вид орудия оказывает влияние на эффективность работы агрегата, но не для всех типов тракторов.

Рассчитана также эффективность агрегатов при смене типа трактора при работе с одним и тем же почвообрабатывающим орудием (Рис. 2.11). Резуль-

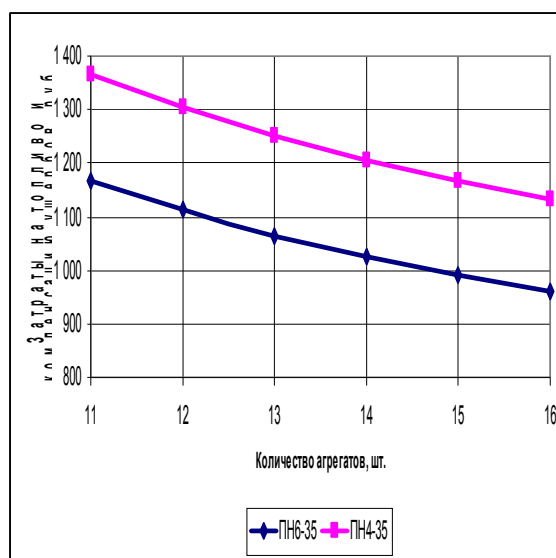
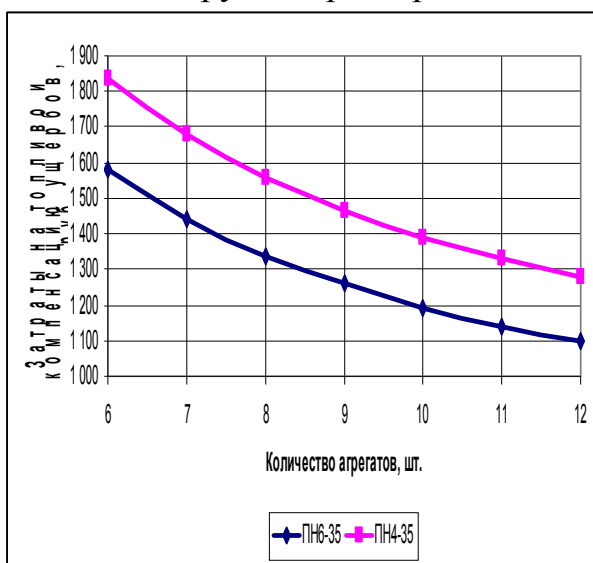
таты показывают низкую зависимость эффективности от замены тягового агрегата – в пределах 10%.



а) К-700

б) Т-150К

Рисунок 2.9 – Зависимости затрат на топливо и компенсацию от ущерба от количества агрегатов для тракторов К-700, Т-150К при замене почвообрабатывающих орудий при нормативном количестве смен равное 10

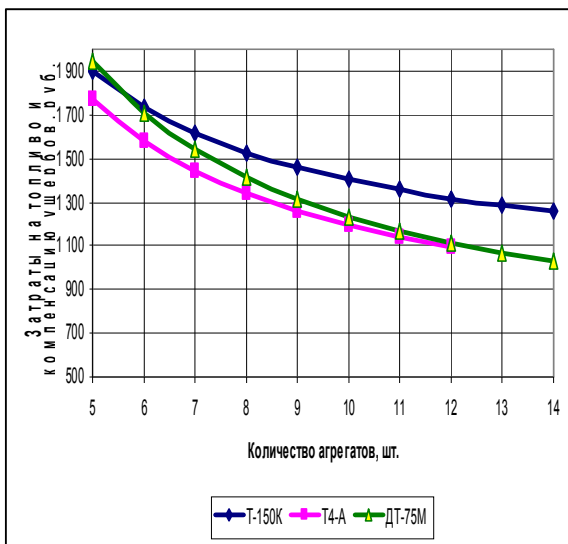


а) Т4-А

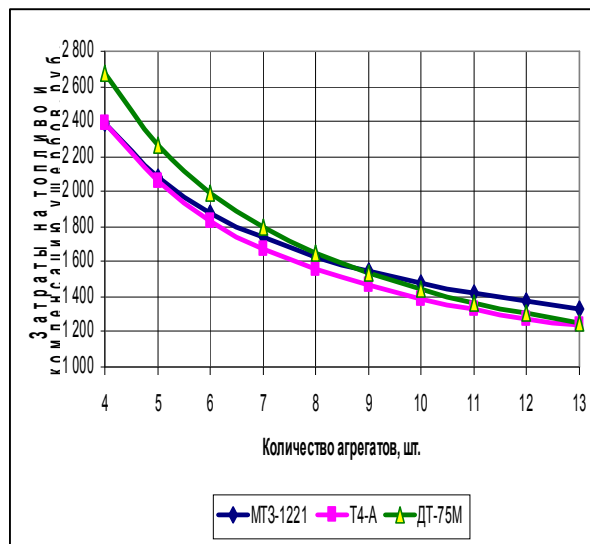
б) ДТ-75М

Рисунок 2.10- Зависимости затрат на топливо и компенсацию от ущерба от количества агрегатов для тракторов Т4-А, ДТ-75М при замене почвообрабатывающих орудий при нормативном количестве смен равное 10

Моделирование других агрофонов (2 – старопахотные земли, стерня зерновых-колосовых и однолетних трав, 3- поле после корнеклубнеплодов и перепашки) проводилось только для отдельных представителей от каждой группы эффективности и результаты представлены в таблицах П2.7, П2.8. На рисунке 2.12 представлены соответствующие графики по этим агрегатам.

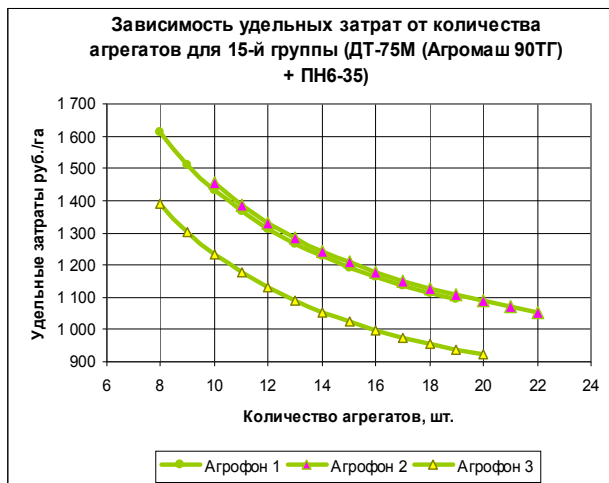


а) ПН6-35

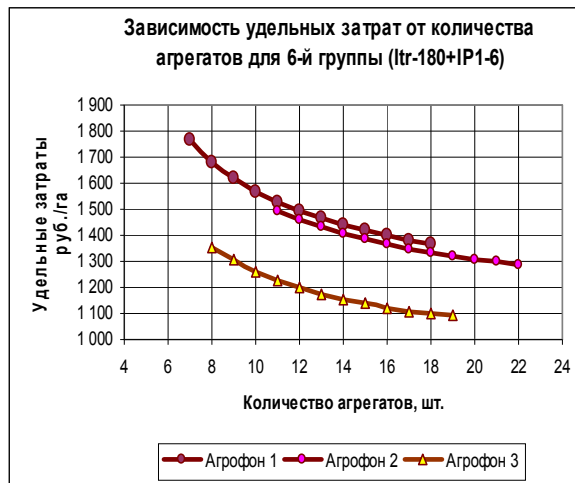


б) ПН4-35

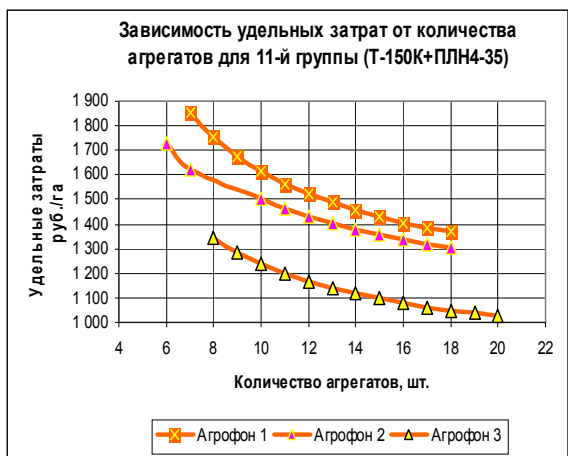
Рисунок 2.11 – Зависимости затрат на топливо и компенсацию от ущерба от количества агрегатов для тракторов орудий ПН6-35, ПН4-35 при тракторов при нормативном количестве смен равное 10



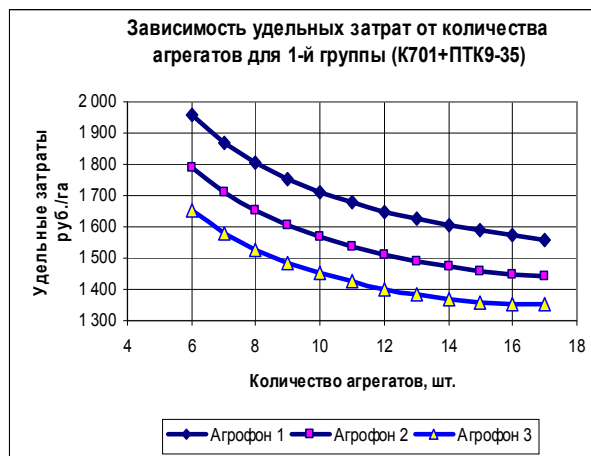
а)



б)



в)

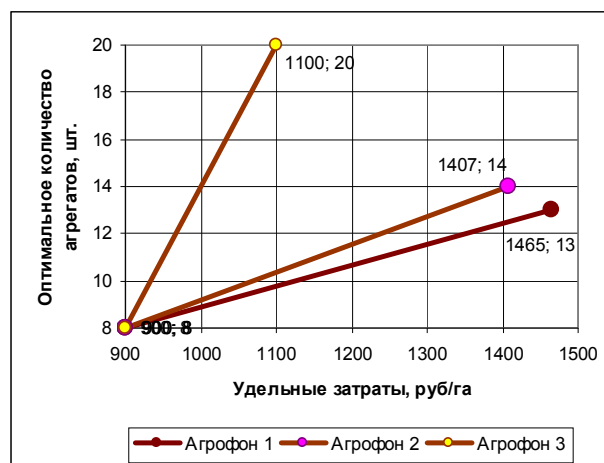
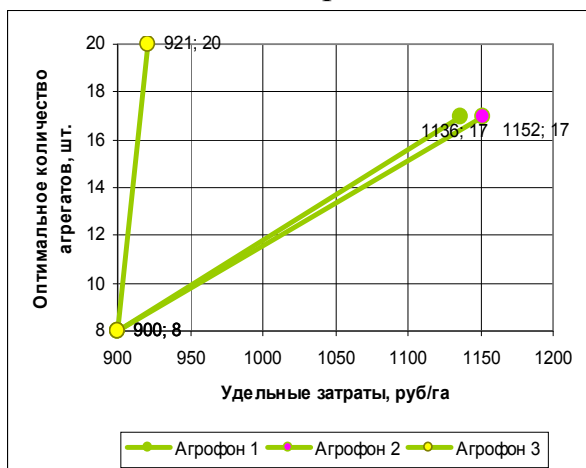


г)

а – 1-я группа эффективности; б – 2-я группа эффективности; в – 3-я группа эффективности; г – 4-я группа эффективности
Рисунок 2.12 – Зависимости удельных затрат от количества агрегатов для различных групп эффективности:

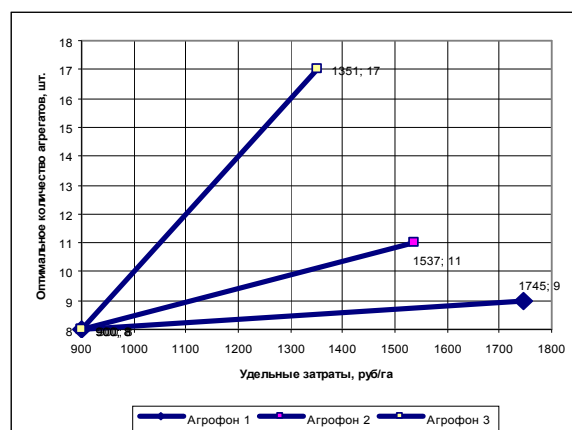
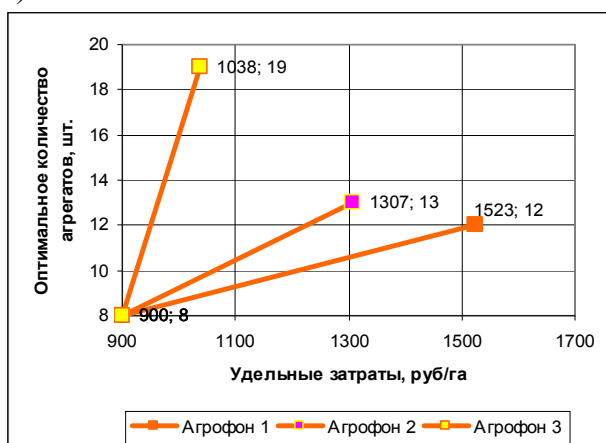
Из графиков рисунка 2.12 а, б видно, что для 1-й и 2-й групп эффективности на втором агрофоне практически не изменилось значение общих удельных затрат. На третьем агрофоне видно, что для всех категорий удельные затраты ниже. Также можно наблюдать на 3-м агрофоне сближение графиков друг к другу для 1, 2, и 3 групп эффективности.

На рисунке 2.13 представлены геометрические места оптимальных значений количества агрегатов и соответствующие значения удельных затрат.



а)

б)



в)

г)

а – 1-я группа эффективности; б- 2-я группа эффективности; в – 3-я группа эффективности; 4-я группа эффективности

Рисунок 2.13 – Геометрические места оптимальных значений количества агрегатов и соответствующие значения удельных затрат для различных групп агрегатов:

Анализ графиков рисунка 2.13 показывает, что для 1, 2, 3 групп эффективности при 3-м агрофоне значительно снижено значение удельных затрат; также нужно отметить, что для 1 и 2 групп эффективности на 2-м агрофоне практически совпадают значения количества агрегатов с 1-м агрофоном. Как видно из полученных графиков (Рис. 2.12, 2.13) агрофон более сильно влияет на группы, у которых в качестве силового агрегата используется трактора типа К-701, МТЗ-1221, Т-150К, работающие с соответствующими прицепами-

ми почвообрабатывающими орудиями. Агрофон влияет на эффективность через почвообрабатывающее орудие – изменяются сопротивления почвы. Таким образом, можно сказать, что совершенствование орудий почвообработки приведет к повышению эффективности как данных агрегатов, так и наиболее эффективных таких как “Джон Дир”, “Нью Холланд” и др.

2.3. Определение целевой функции для боронования и имитационное моделирование по основным затратам на выполнение операции

Следующей технологической операцией, при традиционной технологии возделывания, является боронование. Эту операцию обычно проводят 2 – 3 раза – в зависимости от почвы и климатических условий. Модернизируем целевую функцию для данной технологической операции:

$$\begin{cases} \phi = C_T \cdot (a_n \cdot m_b + b_n \cdot Q_{an} + c_n \cdot \Gamma_{cl}) \cdot n_{прб} - y_k \cdot C_k \cdot k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм} \right) \cdot n_{прб} \Rightarrow 0 \\ C_T \cdot (a_n \cdot m_b + b_n \cdot Q_{an} + c_n \cdot \Gamma_{cl}) \cdot n_{прб} + y_k \cdot C_k \cdot \left[k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм} \right) + \Delta \rho_{факт} \cdot k_{cy} \cdot n_{прб} \right] \Rightarrow min \end{cases} \quad (2.18)$$

где m_b - количество борон; $n_{прб}$ – количество проходов при бороновании.

Основные характеристики тракторов и рабочих органов принимаем по справочным данным, приведенным в [112]. Диапазоны изменения переменных задаются на основании статистических данных и в зависимости от представленной информации в справочнике [112]. Законы распределения устанавливаются в соответствии с типом переменной и имеющейся информации в технической литературе. Список входных переменных для целевой функции и их диапазоны изменения даны в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Список переменных целевой функции для боронования и соответствующие характеристики

Переменная, ед. измерения	Группа по составу агрегата				
	1-10				
	Вид	Закон распределения	Диапазон изменения	Среднее	Ст. отклонение
C_T , руб/л. (цена топлива)	Стохастическая	Равномерный	24,5-29,8	-	-
m_b , шт, (количество борон)	Дискретная		12-30	-	-
$n_{прб}$, шт,(количество проходов)	Дискретная		1-3		
Q_{an} , га/смену, (норма выработ-	Стохастическая	Нормальный	В зависимости от состава	В зависимости от состава	В зависимости от со-

ки)			агрегата	ва агрегата	става агрегата
$G_{сл}$, о.е. (группа сложности)	Стохастическая	Равномерный	1-4	-	-
Y_k , ц/га, (урожайность)	Стохастическая	Нормальный	42-72	57	5
C_k , руб./ц	Стохастическая	Равномерный	610-675	-	-
k_u , (коэффициент интенсивности потерь урожая при отклонении агросроков)	Дискретная			0,0011	
N_a , (количество агрегатов)	Дискретная			1-6	
$n_{норм}$, (нормативное количество смен)	Постоянная			3	
$\Delta\rho_{факт}$, г/см ³ , (фактическое увеличение плотности почвы)	Стохастическая	Нормальный	0,133-0,277	0,205	0,024
$k_{сy}$, см ³ /г (коэффициент снижения урожайности с учетом уплотнения почвы)	Стохастическая	Равномерный	0.08-0,1	0,09	

Моделирование с изменениями значений двенадцати переменных проводилось также с помощью надстройки Монте-Карло. Результаты моделирования для количества борон от 12 до 30 приведены в Приложении П2.9. В качестве примера представлена таблица 2.9 по двум агрегатам.

Таблица 2.9- Данные по результатам моделирования целевой функции с агрегатами К701 и Т-4А с боронами БЗТС-1,0 и + БЗСС-1,0

Переменные, ед. измерения	Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии								
	1; К701+БЗТС-1,0; $a=-0,044$; $b=0,023$; $c=0,544$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	56-114			82			11		
$\Delta\rho_{факт}$, г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{прб}$	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$C_{\Delta Ni}$, руб./га	33-83	65-165	100-250	57	115	173	15	31	46

$У$ агросроков, руб./га	20-80	487-1420	390-1351	46	130	130	24	39	39
$У$ общий, руб./га	550-900	753-2500		722	1479	2156	116	231	342
$З_{ГСМ} + У$	600-950	856-2616	1198-2306	780	1595	2329	115	231	147
$N_{a\text{ опт}}(З_{ГСМ} + У)$				3 (780)	2 (1595)	2 (2329)			
$N_{a\text{ мин}}(З_{ГСМ} + У)$				2 (864)	1 (1660)	1 (2313)			
$N_{a\text{ макс}}(З_{ГСМ} + У)$				4 (743)	3 (1511)	3 (2245)			
2; К701+ БЗСС-1,0; $a=0,65$; $b=0,46$; $c=2,55$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	68-120			89			11		
$\Delta\rho_{факт}$, г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{прб}$	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$С_{АН}$, руб./га	28-78	55-155	75-225	52	103	156	15	30	44
$У$ агросроков, руб./га	0-150	31-305	39-319	33	109	109	20	32	39
$У$ общий, руб./га	358-1226	635-2391	1152-3766	709	1461	2136	115	228	342
$С_{АН} + У$	413-1271	800-2550	1234-2291	761	1564	2291	115	228	337
$N_{a\text{ опт}}(З_{ГСМ} + У)$				3 (761)	2 (1564)	2 (2291)			
$N_{a\text{ мин}}(З_{ГСМ} + У)$				2 (837)	1 (1724)	1 (2521)			
$N_{a\text{ макс}}(З_{ГСМ} + У)$				4 (731)	3 (1359)	3 (2215)			
10 Т4-А + БЗТС-1,0; $a=-0,095$; $b=0,04$; $c=0,592$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	48-92			70			7		
$\Delta\rho_{факт}$, г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{прб}$	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$З_{ГСМ}$, руб./га	20-80	40-160	60-225	50	98	147	18	35	53
$У$ агросроков, руб./га	0-132	20-224	71-374	27	76	174	16	22	36
$У$ общий, руб./га	212-619	452-1176	687-1856	376	773	1221	52	102	157

$Z_{ГСМ} + Y$	259-662	528-1278	783-1983	426	1142	1368	53	105	161
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				4 (426)	3 (872)	2 (1368)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				3 (475)	2 (970)	2 (1368)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				5 (403)	4 (823)	4 (1221)			
	11 Т4-А + БЗСС-1,0; ; $a=-0,0996$; $b=0,04$; $c=0,619$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	48-92			70			7		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{прб}$	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$Z_{ГСМ}$ руб./га	33-90	65-180	100-275	62	123	184	18	35	53
Y агросроков, руб./га	21-188	20-224	71-374	76	76	174	22	22	35
Y общий, руб./га	212-619	452-1176	687-1856	424	775	1224	57	101	157
$Z_{ГСМ} + Y$	259-662	528-1278	886-2100	486	898	1409	52	105	162
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				3 (486)	3 (898)	2 (1409)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				3 (486)	2 (997)	2 (1409)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				4 (437)	4 (849)	3 (1310)			

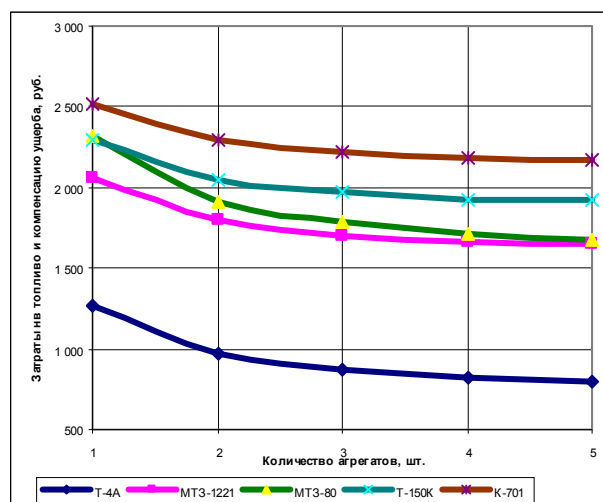
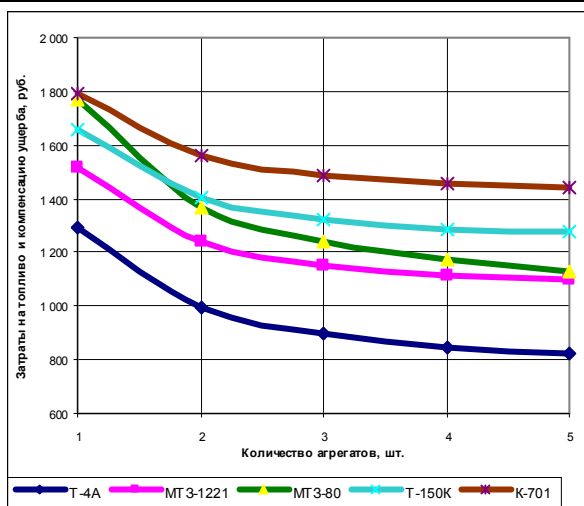
Как показал анализ таблиц П2.9 и 2.9, изменение типа борон мало влияет на эффективность агрегатов, большее влияние оказывает количество проходов. Все агрегаты можно условно разбить на 5 групп эффективности в зависимости от затрат на топливо и компенсацию общего ущерба (Таблица 2.10). В данной таблице даны сведения по одинаковому оптимальному количеству агрегатов (2), 2-х типах борон и 2-3-х кратном проходе по полю.

Анализ полученных данных (на основе моделирования) также показал, что оптимальное количество агрегатов колеблется в небольших пределах и для всех агрегатов составляет 2-3 шт. Построены также графики зависимости общих затрат от количества агрегатов по основным представителям групп эффективности (Рис.2.14), из которых видна более резкая зависимость общих затрат от количества агрегатов только до 3-х штук.

Также построены графики зависимостей затрат на компенсацию ущерба из-за срыва агросроков от количества агрегатов (Рис.2.15) и зависимости затрат из-за уплотнения почвы от количества проходов по полю (Рис. 2.16).

Таблица 2.10 – Данные по агрегатам и их общих затрат на топливо и компенсацию ущерба с формированием групп эффективности

Группа эффективности	Затраты	Тип трактора	Количество проходов	
			2	3
1	Общий ущерб и затраты на топливо, руб.	Т-150	977-983	1382-1391
		Т-4А	970-997	1368-1402
		ДТ-75М	800-807	1376-1406
	Общий интервал затрат на топливо и компенсацию ущерба по группе, руб.		800-977	1368-1406
2	Общий ущерб и затраты на топливо, руб.	МТЗ-1221	1230-1250	1780-1799
3	Общий ущерб и затраты на топливо, руб.	МТЗ-80	1268-1297	1874-1916
4	Общий ущерб и затраты на топливо, руб.	Т-150К	1402-1407	2040-2050
5	Общий ущерб и затраты на топливо, руб.	К-701	1564– 1595	2291-2329
		К-700	1568-1584	2292-2311



а) – 2 прохода по полю

б) – 3 прохода по полю

Рисунок 2.14 – Зависимости общих затрат на топливо и компенсацию ущербов от количества агрегатов

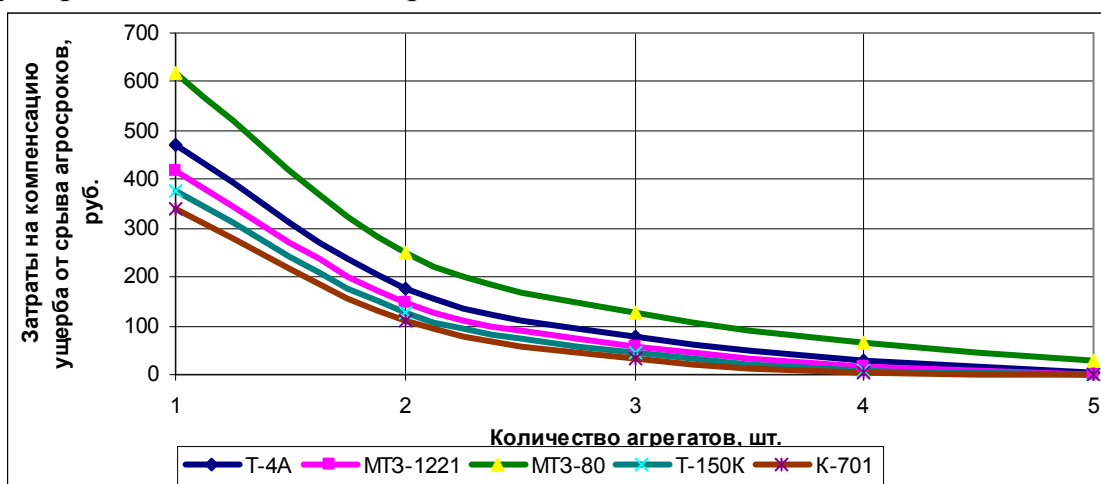


Рисунок 2.15 – Зависимости затрат на компенсацию ущербов из-за срывов агросроков от количества агрегатов

Из рисунка 2.15 следует, что наибольшее влияние на ущерб от срыва агросроков оказывает агрегат с трактором типа МТЗ-80, а наименьшее – К-701

(из-за разной производительности). В тоже время зависимость ущерба из-за уплотнения почвы от проходов агрегата наблюдается обратный вид: наибольшее – К-701 и наименьшее – МТЗ-80 (Рис.2.16) (из-за затрат на топливо и уплотнения почвы).

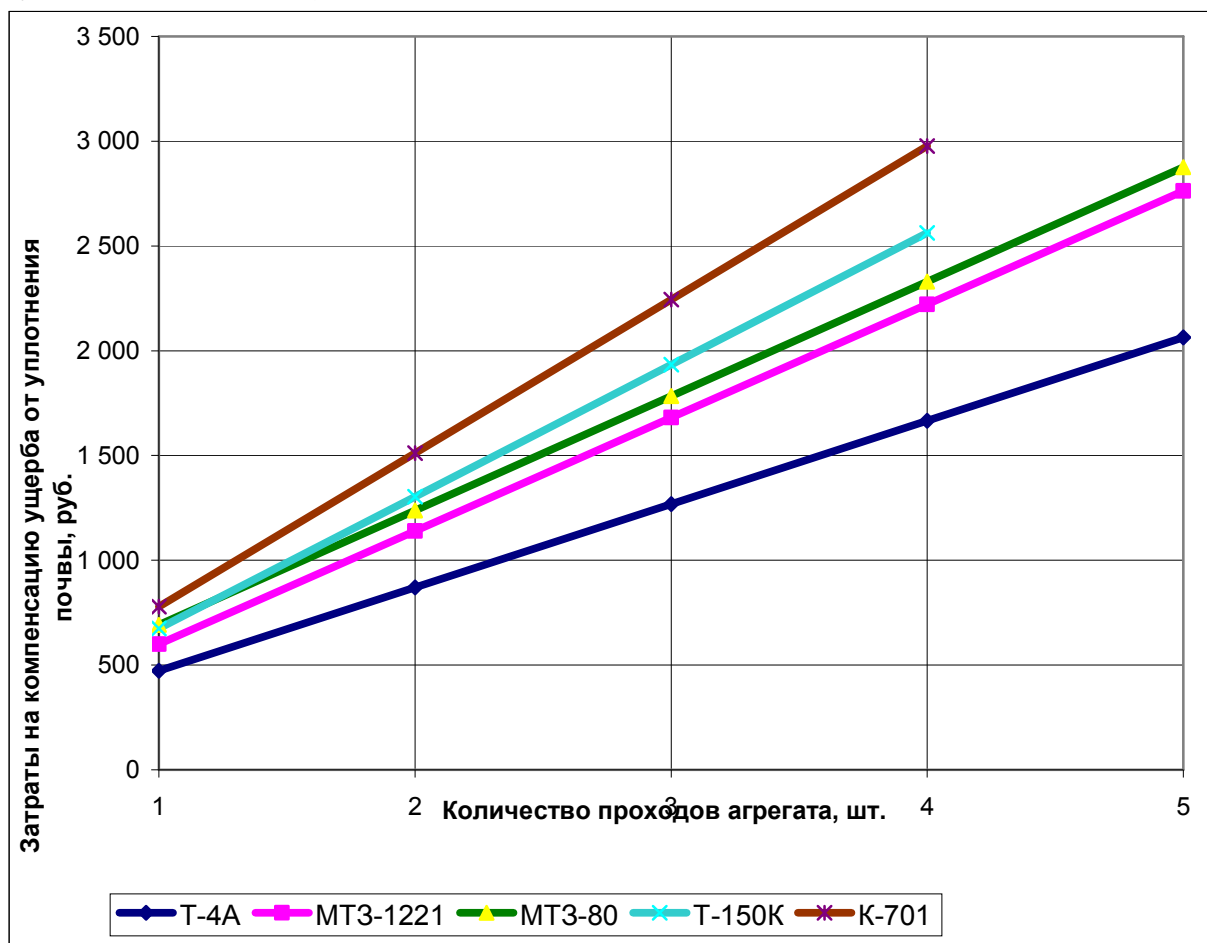
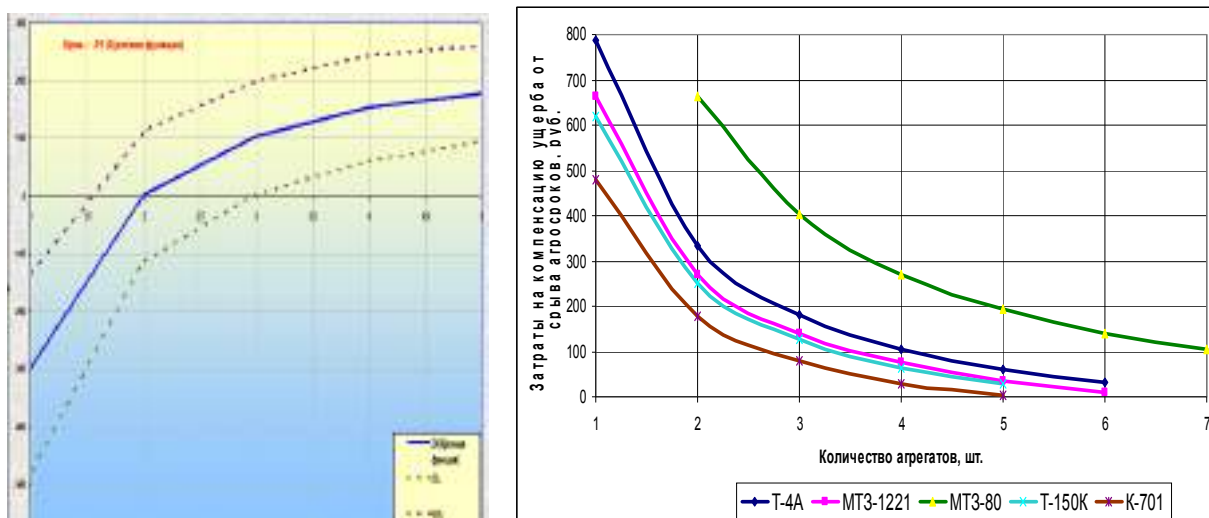


Рисунок 2.16 – Зависимости затрат на компенсацию ущербов из-за уплотнения почвы от количества проходов агрегата

Произведено моделирование и для двойных тяжелых борон с определением оптимального количества агрегатов в зависимости от затрат на компенсацию ущерба из-за срыва агросроков (таблица П2.10). При моделировании строились соответствующие графики целевых функций (Рис.2.17, а), зависимости затрат на компенсацию ущерба от количества агрегатов (Рис.2.17, б).

Из рисунка 2.17, б видно, что с точки зрения эффективности из-за срыва агросроков, на первом месте находится агрегат с трактором К-701, а на последнем – МТЗ-80. Это связано с тем, что трактор К-701 имеет высокую производительность и может обрабатывать поля меньшим количеством. Трактор МТЗ-80 при тяжелых боронах резко снижает свою производительность, что приводит к необходимости увеличения количества работающих агрегатов. На основании полученных данных составлена таблица 2.11, которая показывает оптимальное количество агрегатов в зависимости от количества проходов по полю. Как видно из данной таблицы наименьшее количество

во агрегатов требуется при агрегатировании с трактором К-701 (2 -3), а наибольшее – МТЗ-80 (5 -8).






а) вид целевой функции б) зависимость затрат от количества агрегатов
 Рисунок 2.17 – Вид целевой функции для трактора К-701 и Зависимости затрат на компенсацию ущерба из-за срыва агросроков от количества агрегата при двух проходах по полю

Однако, ущерб только от срыва агросроков не может быть определяющим, так как еще необходима компенсация на ущерб от уплотнения почвы и на затраты по топливу. В связи с этим построены графики зависимостей общих затрат на топливо и компенсацию затрат на ущербы из-за срыва агросроков и из-за уплотнения почвы (Рис. 2.18 – 2.20).

Таблица 2.11 – Данные по оптимальному количеству агрегатов в зависимости от количества проходов и группы эффективности

Группа эффективности	Наименование параметра	Тип трактора и борон	Количество проходов		
			1	2	3
1	Оптимальное количество агрегатов	Т-4А +БЗТС-1,0 -15х2 	5	4	3
2	Оптимальное количество агрегатов	МТЗ-1221+ БЗТС-1,0 -15х2 	4	3	2

3	Оптимальное количество агрегатов	МТЗ-80 + БЗТС-1,0 -8х2 	8	6	5
4	Оптимальное количество агрегатов	Т-150К + БЗТС-1,0 -15х2 	4	3	2
5	Оптимальное количество агрегатов	К-701 ++ БЗТС-1,0 -18х2 	3	2	2

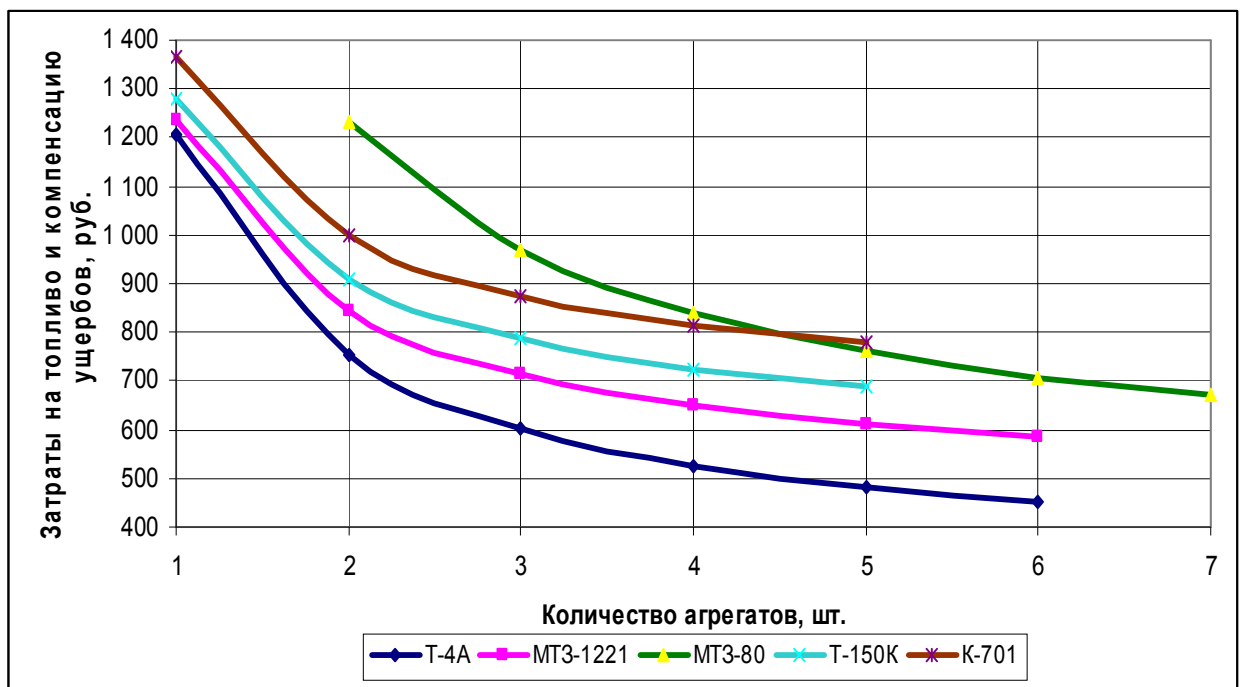


Рисунок 2.18 – Зависимости общих затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов при одном проходе по полю

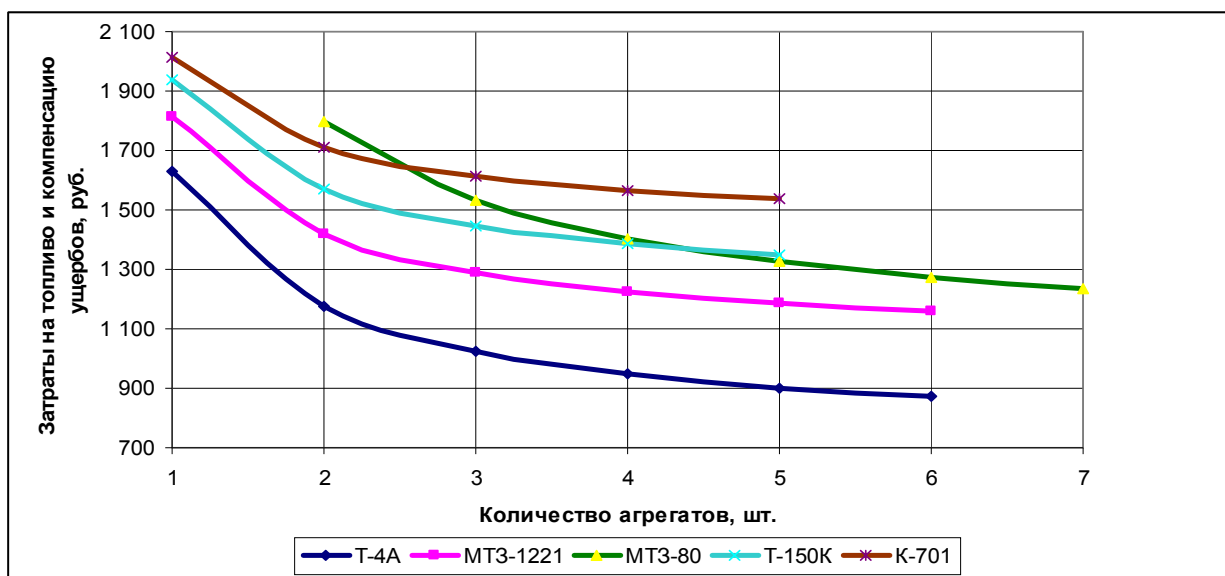


Рисунок 2.19 – Зависимости общих затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов при двух проходах по полю

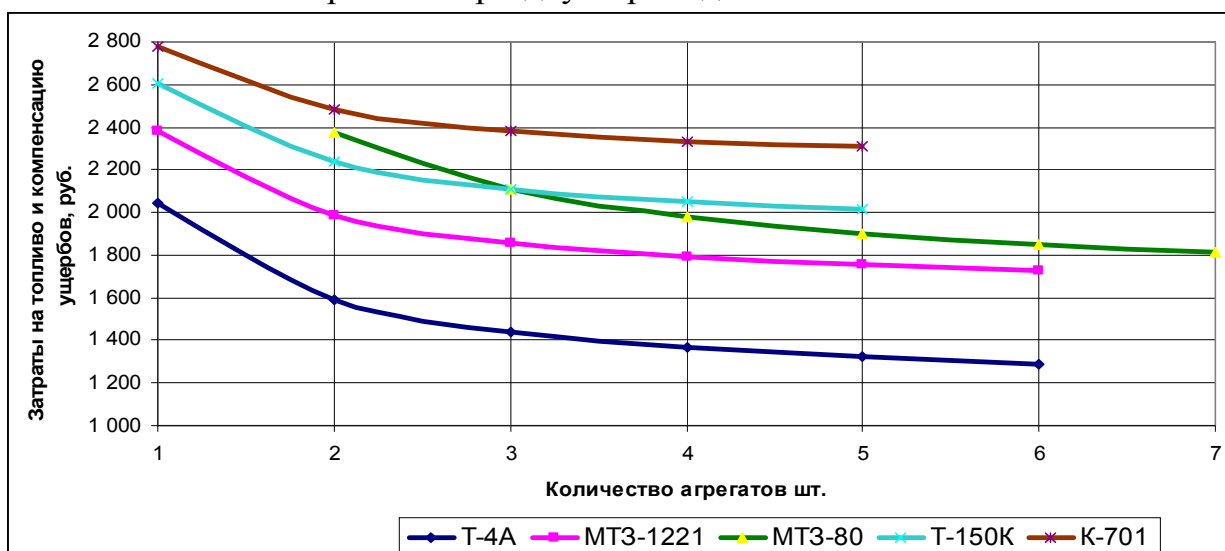


Рисунок 2.20 – Зависимости общих затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов при трех проходах по полю

Из этих графиков (Рис. 2.18 – 2.20) видно, что эффективность агрегатов сохраняется такая же как при других типах борон. Отличие имеет только агрегат с трактором МТЗ-80, из-за низкой производительности при малом количестве агрегатов такой состав имеет наихудшую эффективность.

2.4. Определение целевой функции для дискования и имитационное моделирование по основным затратам на выполнение операции

Важной технологической операцией, при традиционной технологии возделывания, является дискование. Эту операцию обычно проводят 1 – 2 раза – в зависимости от почвы, климатических условий и агрофона. Необходимые данные для аппроксимации основных выражений для определения расхода топлива принимаем из справочных данных [112]. Модернизируем целевую

функцию для данной технологической операции при агрофоне - целина, пласт многолетних трав и залежь в два прохода — разделка дернины с глубиной обработки около 10 см:

$$\begin{cases} \phi = C_T \cdot (b_n \cdot Q_{an} + c_n \cdot \Gamma_{cl}) - y_k \cdot C_k \cdot k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{norm} \right) \Rightarrow 0 \\ C_T \cdot (b_n \cdot Q_{an} + c_n \cdot \Gamma_{cl}) + y_k \cdot C_k \cdot \left[k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{norm} \right) + \Delta \rho_{факт} \cdot k_{cy} \right] \Rightarrow \min \end{cases} \quad (2.19)$$

Список входных переменных для целевой функции и их диапазоны изменения даны в таблице 2.12.

Таблица 2.12- Список переменных целевой функции для дискования и соответствующие характеристики

Переменная, ед. измерения	Группа по составу агрегата				
	1-12				
	Вид	Закон распределения	Диапазон изменения	Среднее	Стандартное отклонение
C_T , руб/л. (цена топлива)	Стохастическая	Равномерный	24,5-29,8	-	-
Q_{an} , га/смену, (норма выработки)	Стохастическая	Нормальный	В зависимости от состава агрегата	В зависимости от состава агрегата	В зависимости от состава агрегата
Γ_{cl} , о.е. (группа сложности)	Стохастическая	Равномерный	1-4	-	-
y_k , ц/га, (урожайность культуры)	Стохастическая	Нормальный	42-72	57	5
C_k , руб./ц	Стохастическая	Равномерный	610-675	-	-
k_u , (коэффициент интенсивности потерь урожая при отклонении агросроков)	Дискретная			0,0011	
N_a , (количество агрегатов)	Дискретная			1-6	
n_{norm} , (нормативное количество смен)	Дискретная			4-12	

$\Delta\rho_{факт}, \text{г/см}^3$ (фактическое увеличение плотности почвы)	Стохастическая	Нормальный	0,133-0,277	0,205 0,178 0,106	0,024 0,022 0,008
$k_{cy}, \text{см}^3/\text{г}$ (коэффициент снижения урожайности с учетом уплотнения почвы)	Стохастическая	Равномерный	0.08-0,1	0,09	

Моделирование с изменениями значений девяти переменных проводилось с помощью надстройки Монте-Карло. Результаты моделирования для агрофона - целина, пласт многолетних трав и залежь в два прохода, приведены в Приложении П2.11. Результаты по определению оптимального количества агрегатов представлено в таблице 2.13

На основе данных моделирования получены графики зависимости затрат на топливо и компенсацию ущербов от количества агрегатов и нормативного значения смен. На рисунке 2.21 представлены такие графики для нормативного значения смен равного 4 для 12 комплектов агрегатов. Имея эти данные можно все агрегаты распределить на четыре группы эффективности (Табл. 2.14).

Как видно из таблицы 2.16 на первом месте идут агрегаты с гусеничными тракторами Т-150, Т-4А с дискаторами БД-10. На последнем месте тракторы К-700, К-701 с тяжелыми дискаторами БДТ-7.

Таблица 2.13 – Данные по оптимальному количеству агрегатов при дисковании в зависимости от количества смен

№	Тип трактора и сельхоз. орудия	Нормативное количество смен		
		4	8	12
1	К-701 +БД-10	3	2	2
2	К-701 +БДТ-7	3	2	2
3	К-700, К-700А +БД-10	4	3	2
4	К-700, К-700А +БДТ-7	4	3	3
5	ITr-220, ITr-180 +IDb-6 (дискковые бороны IDb-6 фирмы "Еверс-Агро" мод. SE-600/51 и фирмы «Джон Дир»)	5	4	3
6	Т-150 +БД-10	5	3	3
7	Т-150 +БДТ-7	5	4	3
8	МТЗ-1221 +БД-10	5	4	3
9	МТЗ-1221 +БДТ-7	5	4	3
10	МТЗ-1221 +IDb-6	6	5	4
11	Т-4А, Т-4М +БД-10	5	4	3
12	Т-4А, Т-4М +БДТ-7	6	5	4

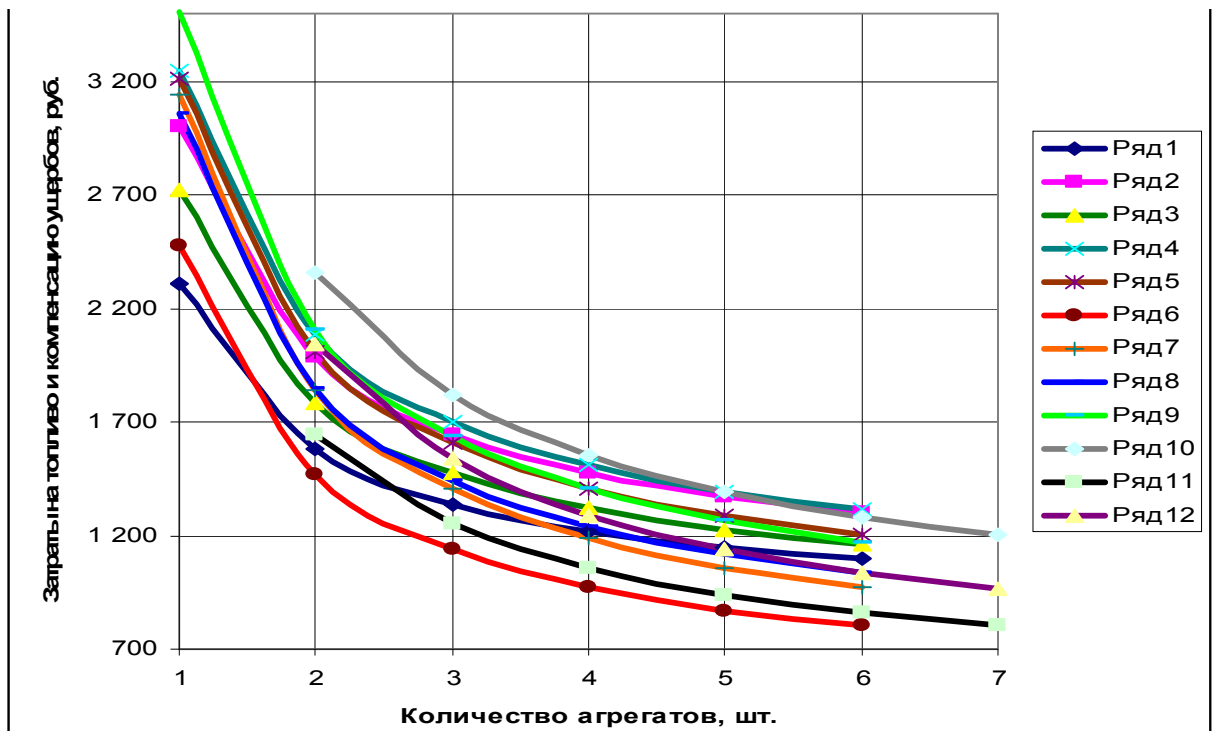






Рисунок 2.21- Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов и нормативного значения смен равного 4.

Таблица 2.14- Ранжирование агрегатов по группам эффективности

Эффективность, (группа)	Состав агрегата
Высокая (6)	Т-150 +БД-10 
Высокая (11)	Т-4А, Т-4М +БД-10 

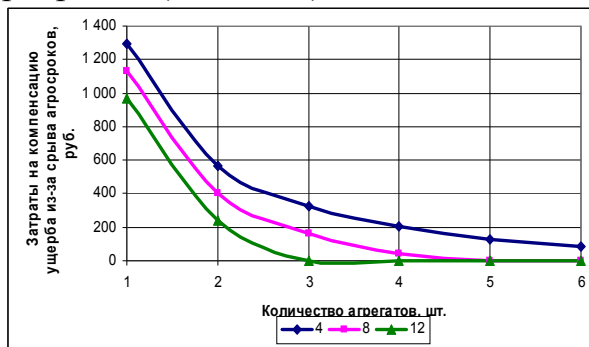
<p>Повышенной эффективности (1)</p>	<p>К-701 +БД-10</p> 
<p>Повышенной эффективности (7)</p>	<p>Т-150 +БДТ-7</p> 
<p>Повышенной эффективности (12)</p>	<p>Т-4А, Т-4М +БДТ-7</p> 
<p>Повышенной эффективности (8)</p>	<p>МТЗ-1221 +БД-10</p> 
<p>Умеренной эффективности (3)</p>	<p>К-700, К-700А+БД-10</p>

	
<p>Умеренной эффективности (5)</p>	<p>ITr-180 ITr (“Джон Дир” мод. 8100, “Нью Холланд” мод. G-210, “Фент” мод. Фаворит 822) +IDb-6 (дисковые бороны IDb-6 фирмы “Еверс-Агро” мод. SE-600/51 и фирмы «Джон Дир»)</p> 
<p>Умеренной эффективности (6)</p>	<p>6 (ITr-220 - “Джон Дир” мод. 8100, “Нью Холланд” мод. G-210, “Фент” мод. Фаворит 822); (дисковые бороны IDb-6 фирмы “Еверс-Агро” мод. SE-600/51 и фирмы «Джон Дир»)</p> 

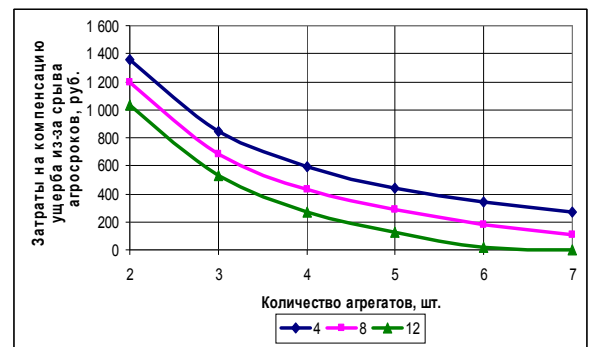
	
<p>Умеренной эффективности (9)</p>	<p>МТЗ-1221+БДТ-7</p> 
<p>Низкой эффективности (2)</p>	<p>К-701 +БДТ-7</p> 
<p>Низкой эффективности (4)</p>	<p>К-700, К-700А +БДТ-7</p> 
<p>Низкой эффективности (10)</p>	<p>МТЗ-1221+ИДб-6</p>



Нормативное количество смен по-разному влияет ущерб из-за срыва агросроков (Рис. 2.22).



а) К-701 +БД-10



б) Т-4А, Т-4М +БДТ-7

Рисунок 2.22- Зависимости затрат на компенсацию ущерба из-за срыва агросроков от количества агрегатов для разного значения нормативных смен

По рисунку 2.22 можно сделать вывод, что для агрегата К-701 +БД-10, при количестве нормативных смен равное 12 уже после трех работающих агрегатов ущерб становится равный нулю, то есть дальнейшее увеличение не эффективно. Для агрегата Т-4А, Т-4М +БДТ-7 при том же количестве нормативных смен только после 6 агрегатов увеличение агрегатов не влияет на ущерб из-за срыва агросроков.

Для анализа работы данных агрегатов при дисковании на других агрофонах необходимо модернизировать целевую функцию. Это связано с тем, что согласно справочным данным [113] агрегаты комплектуются несколькими вариантами луцильников (ЛДГ-20, ЛДГ-15, БД-10 и т.д.) и возделают почву на разную глубину (до 8 см, от 8 до 10 см и свыше 10 см). Таким образом, для агрофонов – стерня, пар, зябь и пласт многолетних трав, целевая функция будет иметь вид:

$$\begin{cases} \phi = \Pi_T \cdot q - y_k \cdot \Pi_k \cdot k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм} \right) \Rightarrow 0 \\ \Pi_T \cdot q + y_k \cdot \Pi_k \cdot \left[k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм} \right) + \Delta\rho_{факт} \cdot k_{cy} \right] \Rightarrow \min \end{cases}, \quad (2.20)$$

Или с учетом аппроксимирующих уравнений:










$$\begin{cases} \phi = \Pi_T \cdot (a \cdot D + b \cdot H + c \cdot \Gamma) - y_k \cdot \Pi_k \cdot k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{u \cdot q^m \cdot N_a} - n_{норм} \right) \Rightarrow 0 \\ \Pi_T \cdot (a \cdot D + b \cdot H + c \cdot \Gamma) + y_k \cdot \Pi_k \cdot \left[k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{u \cdot q^m \cdot N_a} - n_{норм} \right) + \Delta\rho_{факт} \cdot k_{cy} \right] \Rightarrow \min \end{cases} \quad (2.21)$$






где a, b, c – коэффициенты уравнения аппроксимации для удельного расхода топлива; D – тип луцильника, значения для К-700 – 1 (ЛДГ-20), 2 (ЛДГ-15), 3 (БД-10), 4 (БДТ-10), 5 (БДТ-7); H – глубина обработки, см; u, m – коэффициенты степенной аппроксимации для производительности агрегата.

Результаты моделирования для данного агрофона приведены в Приложении П2.12. Результаты по определению оптимального количества агрегатов представлено в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Данные по оптимальному количеству агрегатов при дисковании в зависимости от количества смен (агрофон - стерня, пар, зябь и пласт многолетних трав)

№	Тип трактора и сельхоз. орудия	Количество агрегатов при нормативном количестве смен		
		4	8	12
1	К-701+(ЛДГ-20; ЛДГ-15; БД-10; БДТ-10; БДТ-7)	3	2	2
 <p style="text-align: center;">ЛДГ-20; ЛДГ-15</p>				

	 			
	<p>БД-10</p> <p>БДГ-7</p>			
2	<p>К-700, К-700А+(ЛДГ-20; ЛДГ-15; БД-10; БДГ-10; БДГ-7)</p>   <p>ЛДГ-20; ЛДГ-15</p>   <p>БДГ-10</p> <p>БДГ-7</p>	3	2	2
3	<p>ITr-240+IDb-6</p>   <p>«Джон-Дир» 8530,</p> <p>«Джон-Дир»</p>  <p>Evers agro Dulmen SE600/51</p>	5	3	3
4	<p>ITr-220+IDb-6</p>	6	4	3

	 <p>«Джон-Дир» 8300, 8400</p>  <p>Evers agro Dulmen SE600/51</p>			
5	 <p>«Джон-Дир» 8130</p>  <p>Evers agro Dulmen SE600/5</p>	6	4	3
6	 <p>Т-150К+(ЛДГ-15; БД-10; БДТ-10; БДТ-7)</p> <p>ЛДГ-15</p>	4	3	2

	 			
	<p>БДТ-10</p> <p>БДТ-7</p>			
7	<p>Т-150 +(ЛДГ-15; БД-10; БДТ-7)</p>   <p>ЛДГ-15</p>  	4	3	2
	<p>БД-10</p> <p>БДТ-7</p>			
8	<p>МТЗ-1221+ +(БД-10; БДТ-7; IDb-6)</p>   <p>БД-10</p>  	5	4	3

	БДТ-7 Evers agro Dulmen SE600/5			
9	Т-4А, Т-4М +(ЛДГ-15; БД-10; БДТ-10; БДТ-7)	5	3	2
	   			
10	ДТ-75М +(ЛДГ-10; БДТ-3)	6	4	3
	   			

Используя данные моделирования построены графики зависимости затрат на топливо и компенсацию ущербов от количества агрегатов и нормативного значения смен (Рис. 2.23, 2.24). Аналогично предыдущему агрофону и на основании данных по нормативному количеству смен 4-8, все агрегаты распределены на четыре группы эффективности (Таблица 2.16).

Исходя из таблицы 2.16 можно сказать, что состав групп совпадает с предыдущим агрофоном. Однако, нужно отметить следующее – если нормативное количество смен находится на уровне 12 дней (сроки не столь жест-

кие), то агрегаты с тракторами К-700, К-701 (1 и 2 группа) перемещаются со 2-го места на последнее (Рис. 2.19). Это связано с тем, что при жестких агросроках большое значение имеет производительность агрегатов и эти машины находятся в эффективной группе. Если сроки не жесткие, то за счет сильного воздействия на почву этими агрегатами они переходят в менее эффективную группу. То же самое можно сказать и о 4 и 8 группах (ITr-220+IDb-6, МТЗ-1221+IDb-6) – при 12 нормативных сменах эти агрегаты выходят на 2-е место.

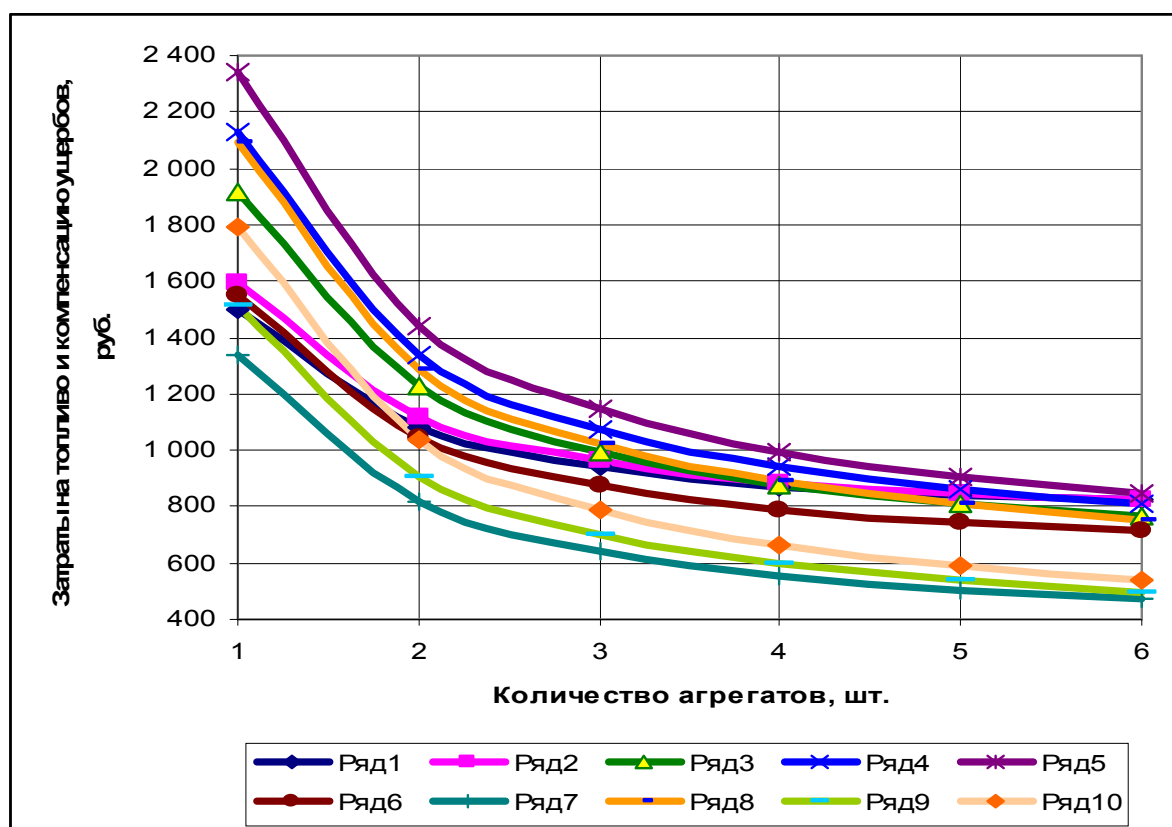
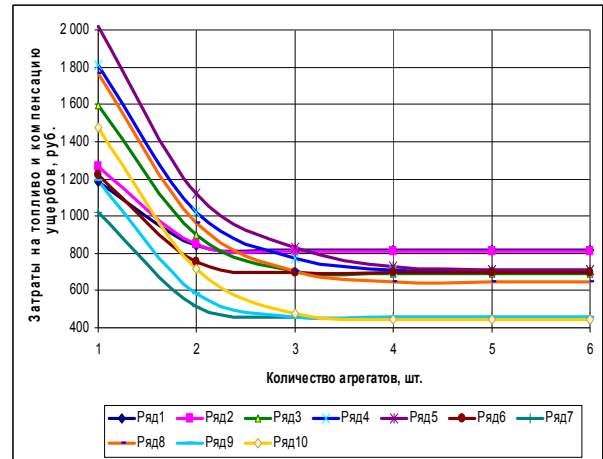
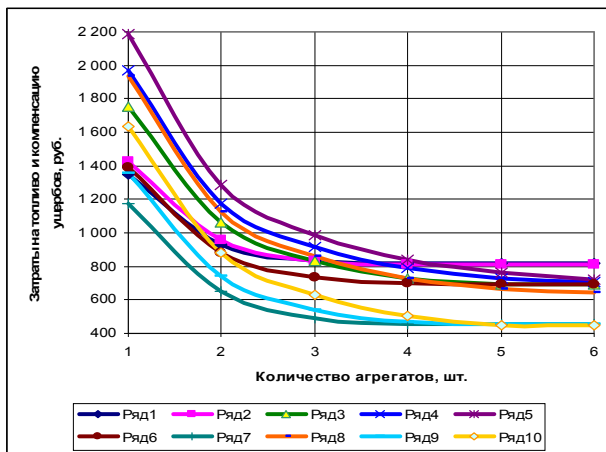


Рисунок 2.23- Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов и нормативного значения смен равного 4.

Таблица 2.16- Ранжирование агрегатов по группам эффективности

Группа	7-Т-150 +(ЛДГ-15; БД-10; БДТ-7); 9 - Т-4А, Т-4М +(ЛДГ-15; БД-10; БДТ-10; БДТ-7) 10 - ДТ-75М +(ЛДГ-10; БДТ-3)	1 - К-701+(ЛДГ-20; ЛДГ-15; БД-10; БДТ-10; БДТ-7); 2 - К-700, К-700А+(ЛДГ-20; ЛДГ-15; БД-10; БДТ-10; БДТ-7); 6 - Т-150К+ (ЛДГ-15; БД-10; БДТ-10; БДТ-7)	3 - ITr-240+IDb-6 4 - ITr-220+IDb-6 (ITr-220 - “Джон Дир” мод. 8100, “Нью Холланд” мод. G-210, “Фент” мод. Фаворит 822); (дисковые бороны IDb-6 фирмы “Еверс-Агро” мод. SE-600/51 и фирмы «Джон Дир»); 8- МТЗ-1221 +(БД-10; БДТ-7; IDb-6)	5- ITr-180+ IDb-6
Группа эффективности	1	2	3	4



а) $n_{норм} = 8$ дней

б) $n_{норм} = 12$ дней

Рисунок 2.24- Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов и нормативного значения смен равного 8 и 12.

2.5. Определение целевой функции для сплошной культивации и прикатывания, имитационное моделирование по основным затратам на выполнение операций

Перед посевом необходимо провести еще одну важную технологическую операцию – сплошную культивацию. Особенность данной операции заключается в повышенных требованиях к агросрокам, что выражается увеличением значения соответствующего коэффициента. Для анализа работы данных агрегатов необходимо модернизировать целевую функцию, и которая может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{cases} \phi = C_T \cdot (a_k \cdot Q_k + b_k \cdot \Gamma_{сл}) - y_k \cdot C_k \cdot k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм} \right) \Rightarrow 0 \\ C_T \cdot (a_k \cdot Q_{ан} + b_k \cdot \Gamma_{сл}) + y_k \cdot C_k \cdot \left[k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм} \right) + \Delta \rho_{факт} \cdot k_{cy} \right] \Rightarrow \min \end{cases} \quad (2.22)$$

где a_k, b_k – коэффициенты уравнения аппроксимации для удельного расхода топлива.

Результаты моделирования приведены в Приложении П2.13. Необходимые справочные данные по характеристикам также брались из справочника [113], а ценовые значения на топливо и зерно – из статистических отчетов, опубликованных в открытой печати. В таблицу 2.17 сведены данные по определению оптимального количества агрегатов без боронования и для отдельных машин - с боронованием.

Используя данные моделирования построены графики зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов и нормативного значения смен (Рис. 2.25, 2.26). На основе анализа полученных графиков были сформированы 4 группы по эффективности работы данных агре-




гатов при культивации (таблица 2.18). Ранжирование велось также на основании общих затрат на топливо и компенсацию ущербов от срыва агросроков и из-за уплотнения почвы движущимся агрегатом.

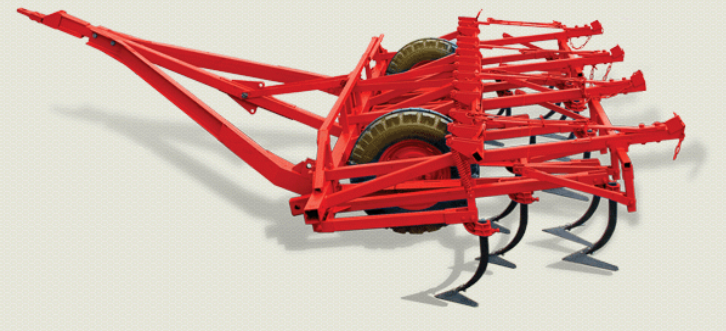






Таблица 2.17 – Данные по оптимальному количеству агрегатов при сплошной культивации в зависимости от количества смен




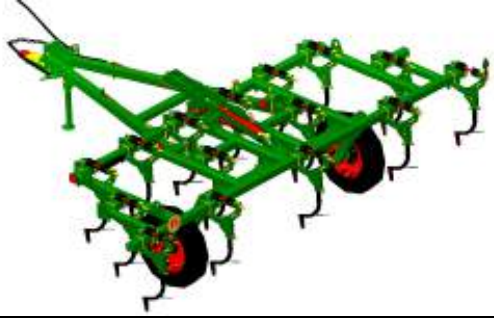



№	Тип трактора и сельхоз. орудия	Количество агрегатов (с боронованием) при нормативном количестве смен		
		2	4	6
1	К-701 + КШУ-18-1; К-700+ КШУ-18-1	5 (6)	3 (3)	2 (3)
2	К-701 +КСП-4-4; К-700+ КСП-4-4	6 (7)	4 (4)	3 (3)
3	К-700, К-700А + КШУ-12 1, КСП-4-3; Т-150К+ КШУ-12 1, КСП-4-3	8 (8)	5 (5)	4 (4)
4	ITr-180+IKp-8	10	5	4
5	ITr-180+IKp-6	11	6	5
6	ITr-180+IKp-4	14	8	6
7	Т-150К +КШУ-8-1, КСП-4-2	8 (10)	5 (6)	4 (5)
8	Т-150К +КСП-4-3	9	5	4
9	Т-150+КШУ-8-1, КСП-4-2	11 (11)	6 (6)	4 (5)
10	МТЗ-1221 +КШУ-8-1, КСП-4-2	11 (12)	6 (7)	4 (5)
11	МТЗ-1221 + IKp-6 (культиваторы IKp-6 фирмы “Еверс-Агро” мод. KL-21D и фирмы “Джон Дир”);	13 (14)	8 (8)	5 (6)
12	Т-4А, Т-4М +КПС-4-4	8 (11)	5 (6)	3 (4)
13	Т-4А, Т-4М +КШУ-12-1, КСП-4-3	10 (14)	6 (8)	4 (5)
14	ДТ-75М +КШУ-12-1, КСП-4-3	11 (13)	6 (7)	5 (5)
15	ДТ-75М +КШУ-8-1, КСП-4-2	13 (15)	7 (8)	5 (6)
16	МТЗ-80, МТЗ-82+IKp-6	16	9	6
17	МТЗ-80, МТЗ-82+КПС-4-1	20	11	8








Таблица 2.18- Ранжирование агрегатов по группам эффективности










Эффективность, (группа)	Состав агрегата
Высокая (1)	К-701 + КШУ-18-1; К-700+ КШУ-18-1. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> К-701 К-700А </div>

	 <p data-bbox="1173 537 1332 571">КШУ-18-1</p>
<p data-bbox="223 582 422 616">Высокая (2)</p>	<p data-bbox="494 582 973 616">К-701 +КСП-4-4; К-700+ КСП-4-4</p>  <p data-bbox="1189 1377 1316 1411">КСП-4-4</p>
<p data-bbox="223 1456 438 1489">Высокая (12)</p>	<p data-bbox="494 1456 821 1489">Т-4А, Т-4М +КПС-4-4.</p> 

	 <p style="text-align: right;">КПС-4-4</p>
<p>Повышенной эффективности (3)</p>	<p>К-700, К-700А + КШУ-12 1, КСП-4-3; Т-150К+ КШУ-12 1, КСП-4-3.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="501 568 951 864">  <p>К-700А</p> </div> <div data-bbox="970 568 1485 887">  <p>КШУ-12</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="501 965 951 1294">  <p>Т-150К</p> </div> <div data-bbox="970 965 1485 1294">  <p>КСП-4-3</p> </div> </div>
<p>Повышенной эффективности (4)</p>	<p>ITr-180+IKp-8.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="501 1368 951 1720">  <p>Джон-Дир» 8130</p> </div> <div data-bbox="970 1368 1485 1720">  <p>Evers agro - Burma – KL-27D</p> </div> </div>
<p>Повышенной эффективности (7)</p>	<p>Т-150К +КШУ-8-1, КСП-4-2.</p>

		
<p>Повышенной эффективности (8)</p>	<p>T-150K +КСП-4-3.</p> 	
<p>Повышенной эффективности (13)</p>	<p>T-4A, T-4M +КШУ-12-1, КСП-4-3</p> 	 
<p>Умеренной</p>	<p>ITr-180+IKp-6</p>	

<p>эффективности (5)</p>		
<p>Умеренной эффективности (9)</p>	<p>Т-150+КШУ-8-1, КСП-4-2</p>  <p>Т-150</p> 	<p>Evers Agro Garron LP23D</p>  <p>КШУ-8</p> <p>КСП-4-2</p>
<p>Умеренной эффективности (10)</p>	<p>МТЗ-1221 +КШУ-8-1, КСП-4-2.</p>  <p>МТЗ-1221</p>	 <p>КШУ-8</p>

	 <p style="text-align: right;">КСП-4-2</p>
<p>Умеренной эффективности (14)</p>	<p>ДТ-75М +КШУ-12-1, КСП-4-3</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="501 593 922 907">  <p>ДТ-75М</p> </div> <div data-bbox="930 510 1329 907">  <p>Агромаш 90ТГ</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="501 969 949 1254">  <p>КШУ-12</p> </div> <div data-bbox="954 969 1436 1254">  <p>КСП-4-3</p> </div> </div>
<p>Умеренной эффективности (15)</p>	<p>ДТ-75М +КШУ-8-1, КСП-4-2.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="501 1411 922 1724">  <p>ДТ-75М</p> </div> <div data-bbox="930 1332 1329 1724">  <p>Агромаш 90ТГ</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="501 1803 997 2072">  </div> <div data-bbox="1005 1758 1484 2072">  </div> </div>

<p>Низкой эффективности (6)</p>	<p>КШУ-8 ITr-180+IKp-4.</p>  <p>Джон-Дир» 8130</p>	<p>КСП-4-2</p>  <p>Evers Agro Mustang LDH17</p>
<p>Низкой эффективности (11)</p>	<p>MT3-1221 + IKp-6.</p>  <p>MT3-1221</p>	 <p>Evers Agro Garron LP23D</p>
<p>Низкой эффективности (16)</p>	<p>MT3-80, MT3-82+IKp-6.</p>  <p>MT3-80</p> 	 <p>MT3-82</p> <p>Evers Agro Garron LP23D</p>
<p>Низкой эффективности (17)</p>	<p>MT3-80, MT3-82+КПС-4-1</p>	

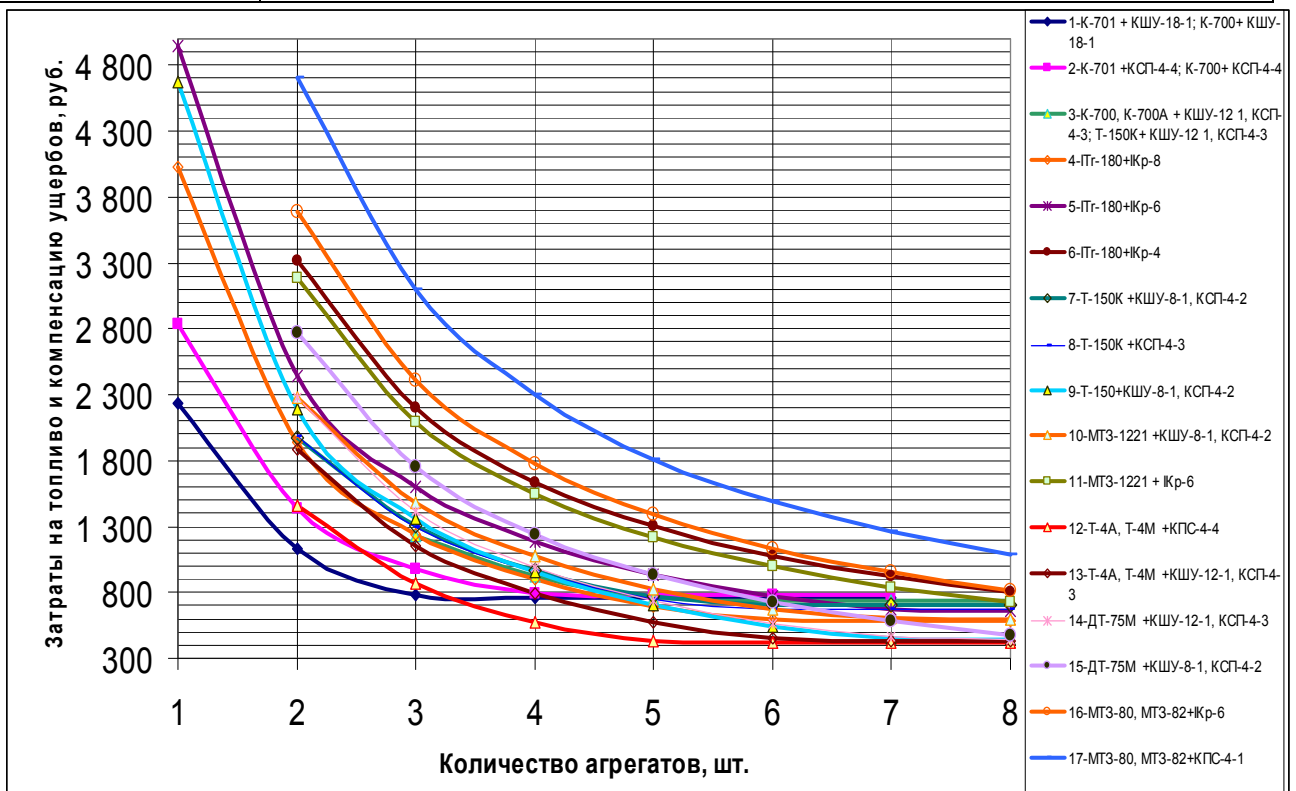


Рисунок 2.25 – Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов и нормативного значения смен равного 4

Как видно из таблицы 2.18 в 1-ю группу попали агрегаты К-700, К-701, которые ранее обычно были на последних местах. Это связано с тем, что данная технологическая операция теснее связана с агросроками, а эти агрегаты имеют высокую производительность, и это приводит к высокой эффективности, не смотря на более высокое воздействие на почву.

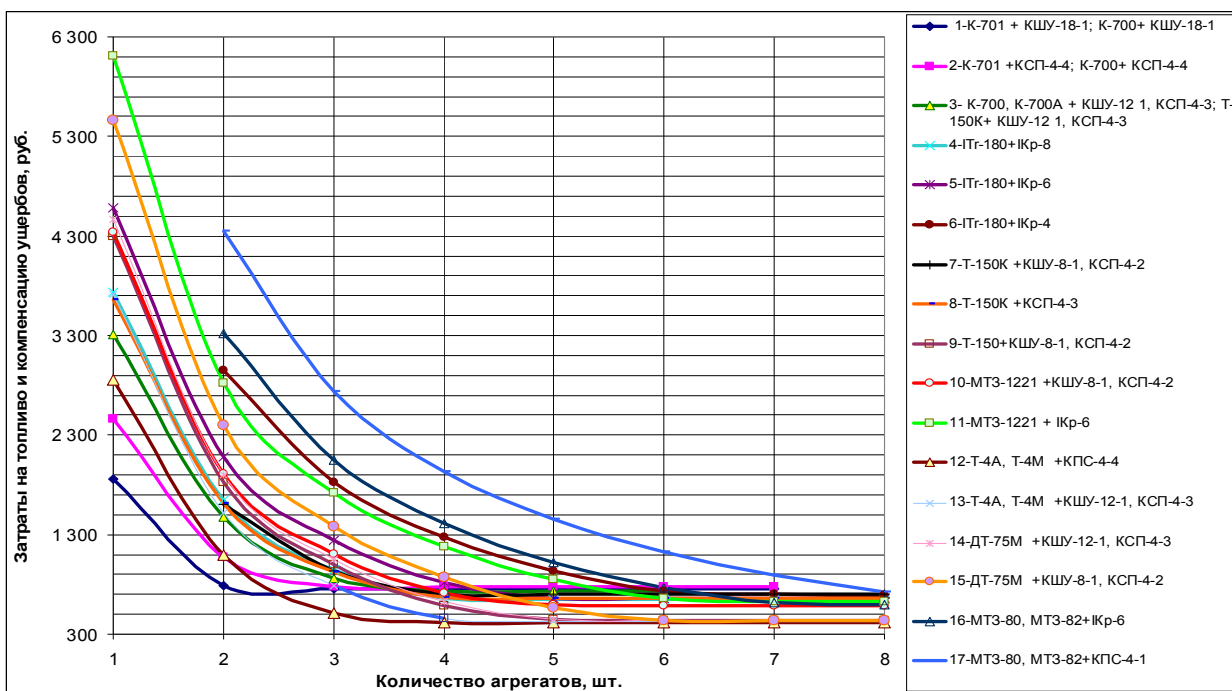


Рисунок 2.26 – Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов при культивации и нормативного значения смен равно-го 6

Также проанализированы данные при культивации с боронованием и построены соответствующие графики (Рис. 2.27).

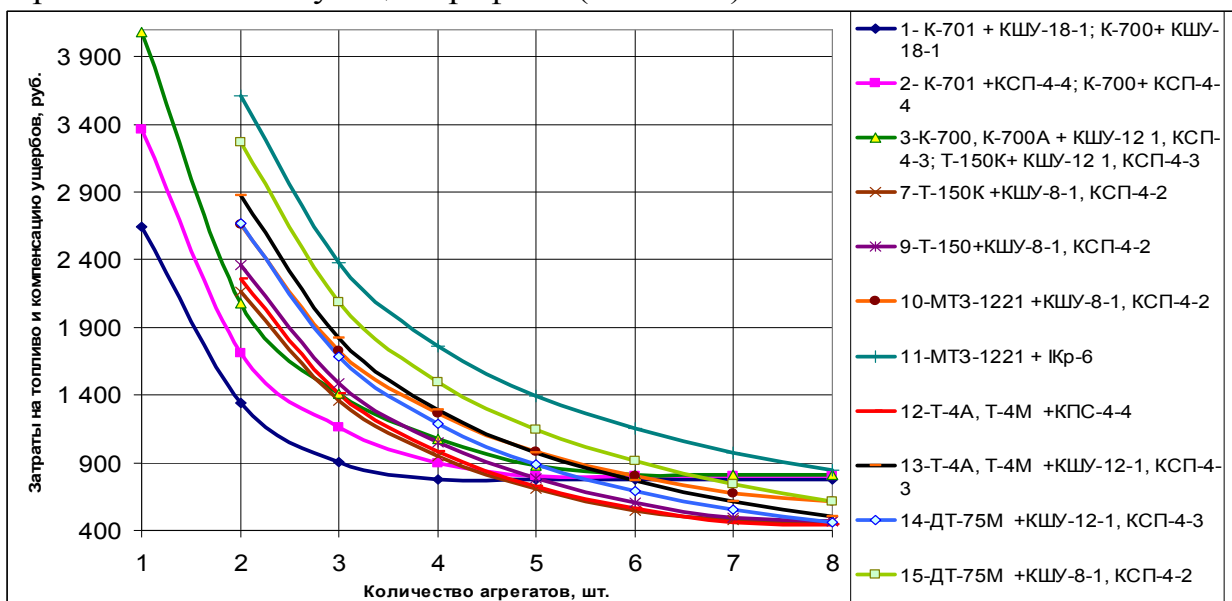


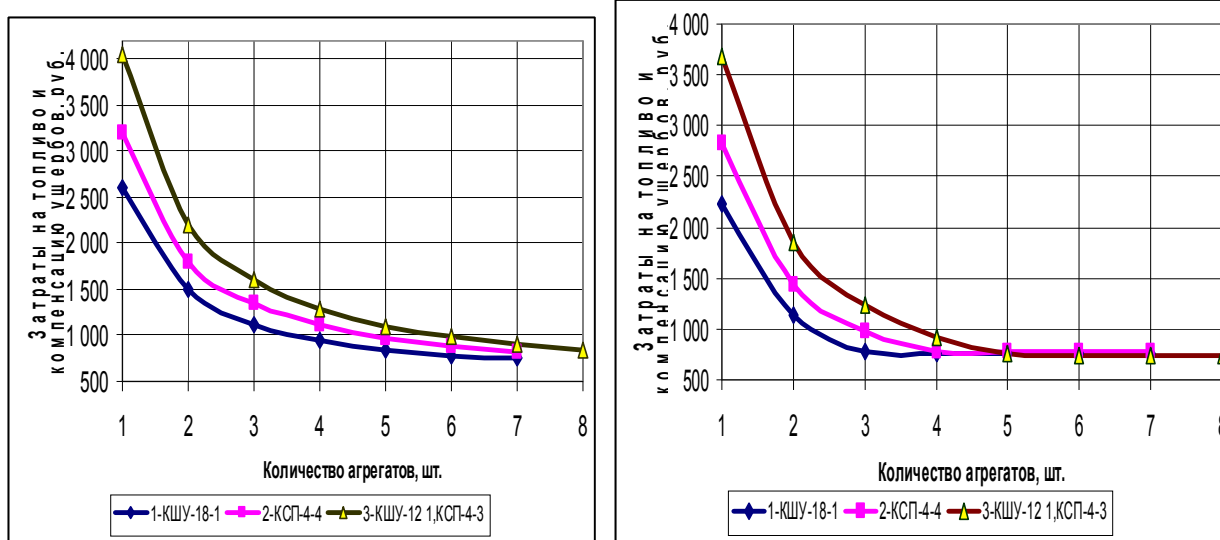
Рисунок 2.27- Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов при культивации с боронованием и нормативного значения смен равного 4

Сформированы группы эффективности при культивации с боронованием (Таблица 2.19). Нужно отметить, что основные агрегаты также сохраняют свое место в группах эффективности.

Таблица 2.19- Ранжирование агрегатов по группам эффективности

Группа	1 - К-701 + КШУ-18-1; К-700+ КШУ-18-1. 2 - К-701 +КСП-4-4; К-700+ КСП-4-4.	3 - К-700, К-700А + КШУ-12 1, КСП-4-3; Т-150К+ КШУ-12 1, КСП-4-3. 7 - Т-150К +КШУ-8-1, КСП-4-2. 9 - Т-150+КШУ-8-1, КСП-4-2 8 - Т-150К +КСП-4-3. 12 - Т-4А, Т-4М +КПС-4-4	10 - МТЗ-1221 +КШУ-8-1, КСП-4-2. 13 - Т-4А, Т-4М +КШУ-12-1, КСП-4-3. 14 - ДТ-75М +КШУ-12-1, КСП-4-3.	11 - МТЗ-1221 + ИКр-6. 15 - ДТ-75М +КШУ-8-1, КСП-4-2.
Группа эффективности	1	2	3	4

Необходимо отметить значительное влияние типа почвообрабатывающего орудия на эффективность агрегатов. Так на рисунке 2.28 приведены зависимости затрат от количества агрегатов для трактора типа К-700 для нормативных значений смен 2 и 4.



а) 2 смены

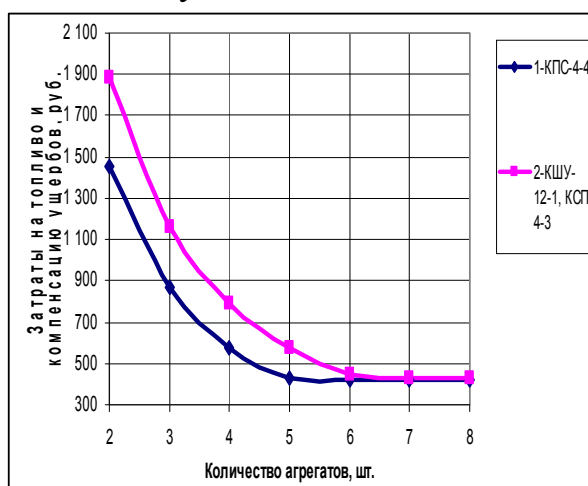
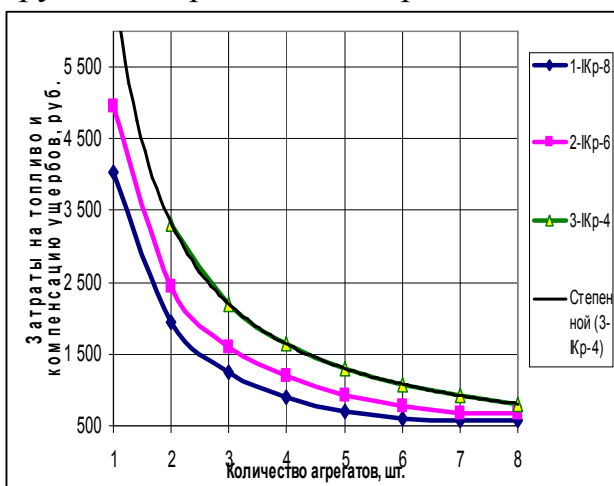
б) 4 смены

Рисунок 2.28- Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов при культивации с трактором К-700 и нормативного значения смен 2 и 4

Из рисунка 2.23 видно следующее: тип почвообрабатывающего орудия оказывает влияние на эффективность только при малом количестве агрегатов, так как это связано с производительностью и агросроками; при дальнейшем увеличении агрегатов графики принимают стационарный вид из-за окончания влияния производительности на эффективность и дальнейший уровень затрат зависит только от расхода топлива и ущерба от уплотнения почвы трактором; наступление стационарного режима зависит от нормативного значения количества смен, так для данного типа трактора при 2-х сменах влияние производительности заканчивается при 7 и более агрегатах, для 4-х смен – при 4 и более. Расчеты по эффективности почвообрабатывающих орудий для трактора К-700 показывают следующее: при 2-х сменном норматив-

ном сроке, работой от 1-5 шт., с орудием КШУ-18-1 общие затраты на топливо и компенсацию ущербов составят от 2597 до 832 руб./га; переход на КСП-4-4 приведет к увеличению данного вида расходов 23-17 %; замена на КШУ-12 1, КСП-4-3 увеличит затраты на 56-33 %; при 4-х сменном нормативном сроке затраты будут 2230-750 руб./га (от 1 до 4 агрегатов), замена на КСП-4-4 приводит к увеличению расходов на 27-4 %, переход на КШУ-12 1, КСП-4-3 – 65-22 %. Чем короче нормативный срок тем больше влияние вида почвообрабатывающего орудия на эффективность агрегата. Аналогичные графики по изменению вида орудия построены и для других тракторов (Рис. 2.29 -2.31).

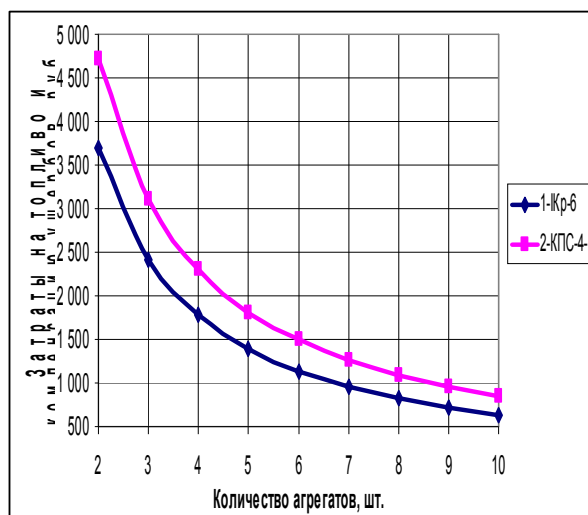
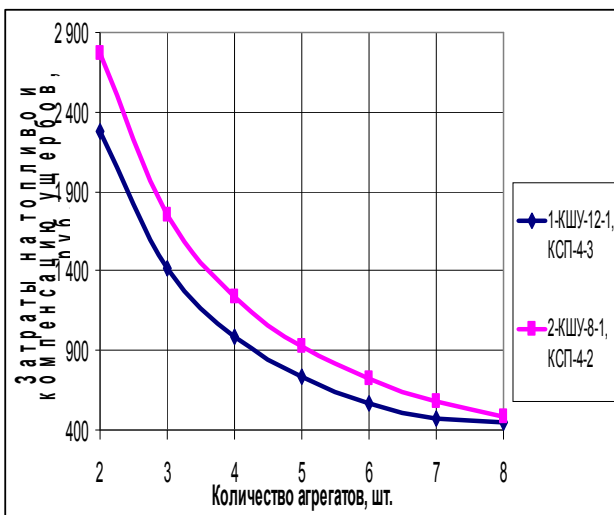
Сводные результаты расчетов по эффективности почвообрабатывающих орудий для различных агрегатов сведены в таблицу 2.20.



а) ИТр-180

б) Т-4А, Т-4М

Рисунок 2.29- Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущербов от количества агрегатов при культивации с тракторами ИТр-180, Т-4А, Т-4М и нормативного значения смен равного 4



а) ДТ-75М

б) МТЗ-80, МТЗ-82

Рисунок 2.30- Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущербов от количества агрегатов при культивации с тракторами ДТ-75М, МТЗ-80, МТЗ-82 и нормативного значения смен равного 4

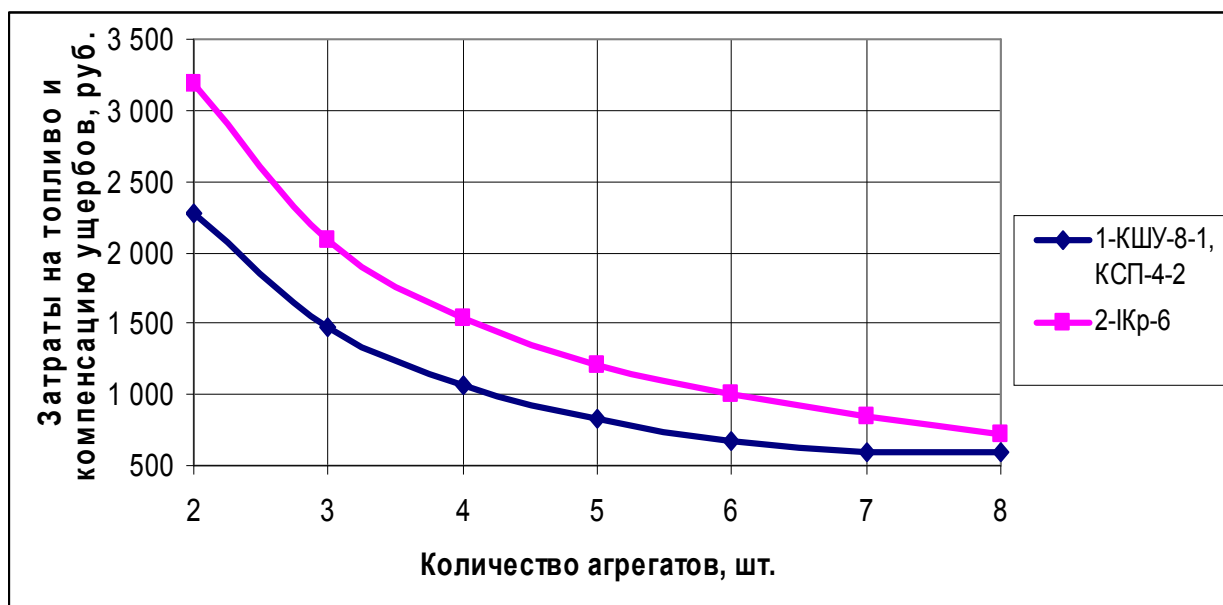
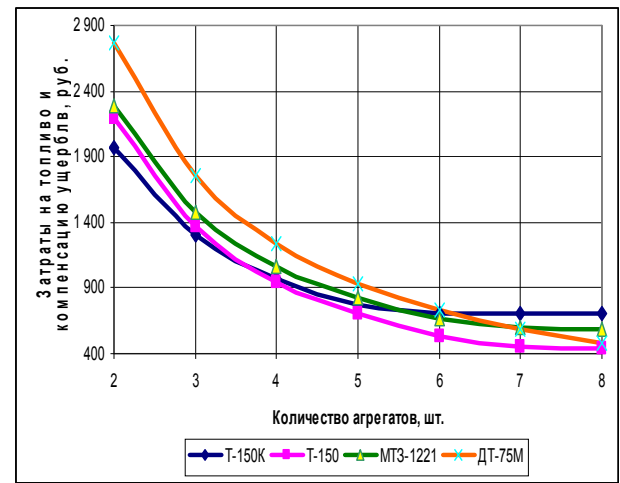
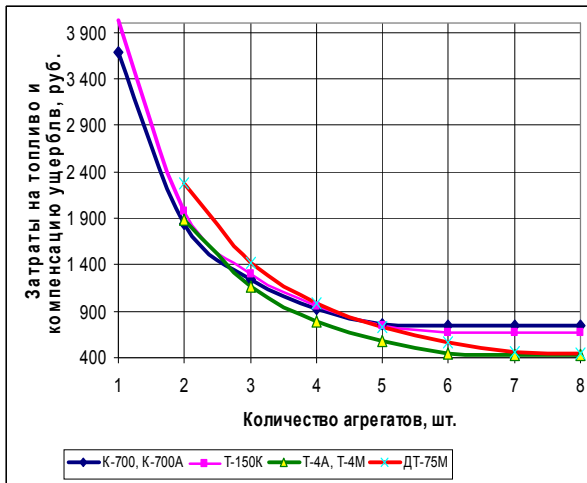


Рисунок 2.31- Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов при культивации с трактором МТЗ-1221и нормативного значения смен равного 4

Таблица 2.20 – Данные по эффективности почвообрабатывающих орудий для различных агрегатов при сплошной культивации и 4-хнормативных сменах

№	Тип трактора	Тип почвообрабатывающего орудия	Количество агрегатов (% прибавки эффективности) при нормативном количестве смен		Среднее значение
			мин	макс	
1	2	3	4	5	6
1	К-701; К-700	КШУ-18-1	1	3	2
		КСП-4-4	1(27)	3 (25)	2 (26)
		КШУ-12 1, КСП-4-3	1 (65)	3 (58)	2 (62)
2	ИТр-180	Кр-8	2	6	4
		Кр-6	2 (26)	6(30)	4(28)
		Кр-4	2 (71)	6(82)	4(76)
3	МТЗ-1221	КШУ-8-1, КСП-4-2	2	7	3
		Кр-6	2 (40)	7 (40)	4 (40)
4	Т-4А, Т-4М	КПС-4-4	2	5	3
		КШУ-12-1, КСП-4-3.	2 (30)	5 (32)	3 (31)
5	ДТ-75М	КШУ-12-1, КСП-4-3.	2	7	4
		КШУ-8-1, КСП-4-2.	2 (22)	7 (24)	4(23)
6	МТЗ-80, МТЗ-82	Кр-6	2	10	11
		КПС-4-1	2(28)	10(34)	11(31)



а) КСП-4-3

б) КСП-4-2

Рисунок 2.32- Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов при культивации с почвообрабатывающими орудиями КСП-4-3, КСП-4-2 и разными тракторами, для нормативного значения смен равного 4

Согласно таблице 2.20, замена таких орудий как КСП-4-4 на КШУ-12-1, КСП-4-3 в среднем повышает эффективность на 30%. Таким образом, имеет смысл заниматься усовершенствованием почвообрабатывающих орудий.

Также проанализированы варианты замены тяговых машин на одном и том же почвообрабатывающем орудии. На рисунке 2.32 представлены графики по затратам для двух орудий - КСП-4-3 и КСП-4-2.

Как показывают графики (Рис.2.32) для орудия КСП-4-3 смена трактора К-700 на Т-150К не оказывает влияние на эффективность работы. Также небольшая разница (до 20%) между гусеничными тракторами Т-4А и ДТ-75М. По орудью КСП-4-2 нужно сказать, что только трактор ДТ-75М отличается низкой эффективностью – ниже на 41% по сравнению с Т-150К, а остальные – находятся, ориентировочно, на одном уровне. Несколько отличается ситуация с орудием ИКр-6 (Рис.2.33) – наиболее эффективным является трактор типа ИТр-180: затраты ниже по сравнению с трактором МТЗ-1221 на 31% и по сравнению с тракторами типа МТЗ-80, МТЗ-82 ниже на 51%.

Часто приходится проводить такую дополнительную технологическую операцию как **прикатывание**. Для анализа эффективности такой обработки почвы модернизируем целевую функцию представим в следующем виде:

$$\begin{cases} \phi = C_T \cdot (a_n \cdot T_n + b_n \cdot Q_k + c_n \cdot \Gamma_{cl}) - y_k \cdot C_k \cdot k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм} \right) \Rightarrow 0 \\ C_T \cdot (a_n \cdot T_n + b_n \cdot Q_k + c_n \cdot \Gamma_{cl}) + y_k \cdot C_k \cdot \left[k_u \cdot \left(\frac{S_{II}}{Q_a \cdot N_a} - n_{норм} \right) + \Delta \rho_{факт} \cdot k_{cy} \right] \Rightarrow \min \end{cases} \quad (2.23)$$

где T_n - типоразмер по числу рабочих органов в ряду, 1, 2, 3; a_n, b_n, c_n - коэффициенты уравнений аппроксимации.

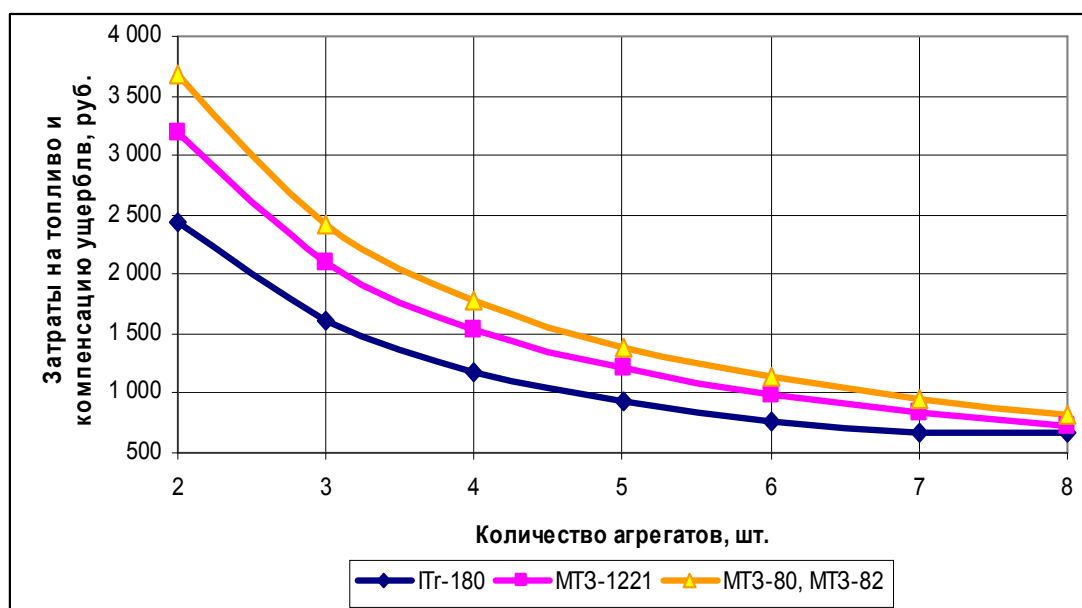
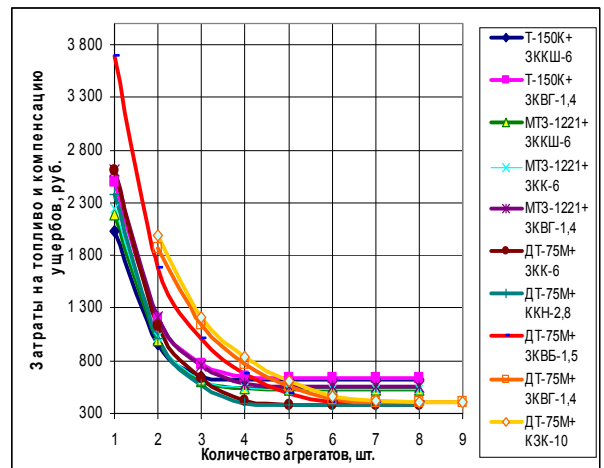
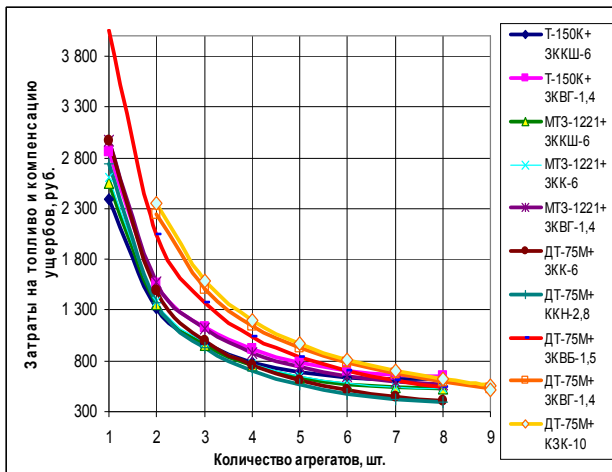


Рисунок 2.33- Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов при культивации с почвообрабатывающим орудием ИКр-6 и разными тракторами, для нормативного значения смен равного 4

Результаты моделирования по всем видам затрат при обработке почвы прикатыванием приведены в Приложении П2.14. В таблицу 2.21 сведены данные по определению оптимального количества агрегатов при технологической операции – прикатывание. На основе данных по моделированию построены графики зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов и различного значения нормативного количества смен (Рис. 2.34, 2.35).

Таблица 2.21 – Данные по оптимальному количеству агрегатов при технологической операции – прикатывание в зависимости от количества смен

№	Тип трактора и сельскохозяйственного орудия	Количество агрегатов при нормативном количестве смен		
		2	4	6
1	Т-150К+ ЗККШ-6	6	3	2
2	Т-150К+ ЗКВГ-1,4	6	4	3
3	МТЗ-1221+ ЗККШ-6	6	4	3
4	МТЗ-1221+ ЗКК-6	7	4	3
5	МТЗ-1221+ ЗКВГ-1,4	7	4	3
6	ДТ-75М+ ЗКК-6	7	4	3
7	ДТ-75М+ ККН-2,8	7	4	3
8	ДТ-75М+ ЗКВБ-1,5	8	5	4
9	ДТ-75М+ ЗКВГ-1,4	9	6	4
10	ДТ-75М+ КЗК-10	9	6	4



а) 2 смены

б) 4 смены

Рисунок 2.32- Зависимости затрат на топливо и компенсацию ущерба от количества агрегатов для прикатывания с различными тракторами и почвообрабатывающими орудиями, для нормативного значения смен равного 2 и 4

Анализ графиков и данных привел к разделению агрегатов на три группы эффективности (Таблица 2.22). Результаты анализа данных показывают следующее: 2-ю и 3-ю группы эффективности занимают все агрегаты с тракторами Т-150К и МТЗ-122; для тракторов Т-150К и МТЗ-122 замена почвообрабатывающего орудия практически не влияет на эффективность по топливу и компенсацию ущерба; при достаточно большом количестве тракторов (более 5-6) низко эффективные агрегаты ДТ-75М+ ЗКВГ-1,4 и ДТ-75М+ ЗКВГ-1,4 переходят в первую группу из-за малого воздействия на почву.

Таблица 2.22- Ранжирование агрегатов по группам эффективности

Группа	6- ДТ-75М+ 3-КК-6 7 - ДТ-75М+ ККН-2,8	1 - Т-150К+ ЗККШ-6 2 - Т-150К+ ЗКВГ-1,4 3 - МТЗ-1221+ ЗККШ-6 4 - МТЗ-1221+ ЗКК-6 5 - МТЗ-1221+ ЗКВГ-1,4	8 - ДТ-75М+ ЗКВБ-1,5 9 - ДТ-75М+ ЗКВГ-1,4 10 - ДТ-75М+ ЗКВГ-1,4
Группа эффективности	1	2	3
Эффективность, (группа)	Состав агрегата		
Высокая (6)	ДТ-75М+ ЗКК-6		



ДТ-75М



Агромаш 90ТГ



3-КК-6



Высокая (7)

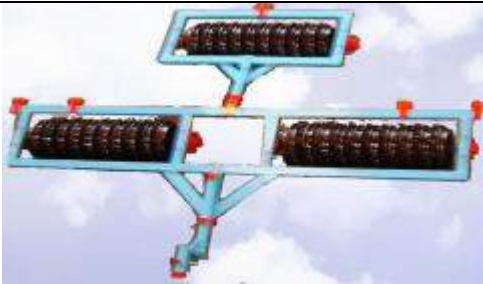

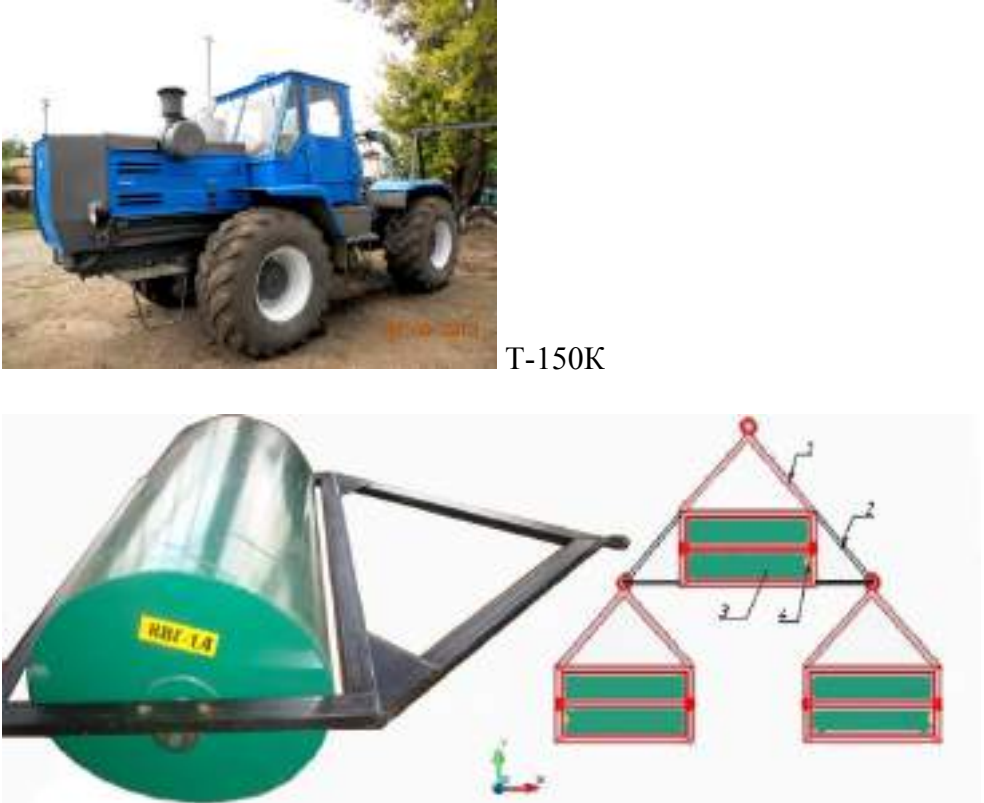
ДТ-75М+ ККН-2,8





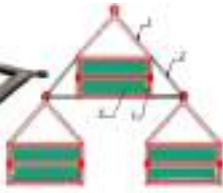


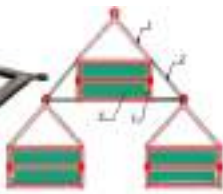


ДТ-75М



Агромаш 90ТГ

	 <p data-bbox="991 405 1110 441">ККН-2,8</p>
<p data-bbox="225 450 475 573">Повышенной эффективности (1)</p>	<p data-bbox="501 450 759 486">Т-150К+ 3-ККШ-6</p>  <p data-bbox="501 846 608 882">Т-150К</p> <p data-bbox="1018 846 1150 882">3-ККШ-6</p>
<p data-bbox="225 891 475 1014">Повышенной эффективности (2)</p>	<p data-bbox="501 891 767 927">Т-150К+ 3-КВГ-1,4</p>  <p data-bbox="1007 1261 1110 1296">Т-150К</p> <p data-bbox="501 1727 644 1762">3-КВГ-1,4</p>
<p data-bbox="225 1767 475 1890">Повышенной эффективности (3)</p>	<p data-bbox="501 1767 799 1803">МТЗ-1221+ 3-ККШ-6</p>

		
Низкой эффективности (9)	<p data-bbox="496 577 1098 611">Агромаш 90ТГ + 3-КВБ-1,5</p> <p data-bbox="496 611 1018 645">ДТ-75М(Агромаш 90ТГ)+ 3-КВГ-1,4</p>    <p data-bbox="496 1043 708 1077">Агромаш 90ТГ</p>	
Низкой эффективности (10)	<p data-bbox="496 1077 1018 1111">ДТ-75М(Агромаш 90ТГ)+ 3-КВГ-1,4</p>    <p data-bbox="496 1509 708 1543">Агромаш 90ТГ</p> <p data-bbox="906 1509 1050 1543">3-КВГ-1,4</p>	

2.6. Определение общих затрат на основную обработку почвы и выбор наиболее рациональных составов агрегатов

В соответствии с ранее приведенной логикой предикатов теперь необходимо произвести комплексную оценку как отдельного вида затрат так и общих на обработку почвы. Первоначально определим все виды удельных затрат при традиционной обработке. Для этого выбрано по одному представителю агрегатов из самых эффективных групп и по одному – из низкоэффективных. В результате сформирована таблица 2.23, где приведены все основ-

ные технологические операции при традиционной обработке почвы и состав групп в зависимости от их эффективности.

Таблица 2.23- Состав групп агрегатов в зависимости от эффективности при традиционной обработке почвы

Наиболее высокоэффективный вариант		Наиболее низкоэффективный вариант	
Пахота			
Группа	Состав	Группа	Состав
13	Т4-А+ ПН6-35	1	К701+ ПТК9-35
15	ДТ-75М (Агромаш 90ТГ) + ПН6-35	3	К700+ ПП8-35
16	ДТ-75М (Агромаш 90ТГ) + ПН4-35	12	МТЗ-1221 + ПН4-35
Боронование			
	Т-150+ (БЗСС или БЗТС)		К-701+ (БЗСС или БЗТС)
	Т-4А+ (БЗСС или БЗТС)		К-700+ (БЗСС или БЗТС)
	ДТ-75М+ (БЗСС или БЗТС)		
Дискование 1-й агрофон			
6	Т-150 +БД-10;	2	К-701 +БДТ-7
11	Т-4А, Т-4М +БД-10	4	К-700, К-700А +БДТ-7
		10	МТЗ-1221+IDb-6
Дискование 2-й агрофон			
7	Т-150 +(ЛДГ-15; БД-10; БДТ-7)	5	ITr-180+ IDb-6
9	Т-4А, Т-4М +(ЛДГ-15; БД-10; БДТ-	8	МТЗ-1221 +(БД-10; БДТ-7;
10	ДТ-75М +(ЛДГ-10; БДТ-3)		
Культивация			
1	К-701 + КШУ-18-1; К-700+ КШУ-	6	ITr-180+Икр-4.
2	К-701 +КСП-4-4; К-700+ КСП-4-4	11	МТЗ-1221 + Икр-6.
12	Т-4А, Т-4М +КПС-4-4.	16	МТЗ-80, МТЗ-82+Икр-6.
		17	МТЗ-80, МТЗ-82+КПС-4-1
Культивация с боронованием			
1	К-701 + КШУ-18-1; К-700+ КШУ-	11	МТЗ-1221 + Икр-6.
2	К-701 +КСП-4-4; К-700+ КСП-4-4.	15	ДТ-75М +КШУ-8-1, КСП-4-2.
Прикатывание			
6	ДТ-75М+ ЗКК-6	8	ДТ-75М+ ЗКВБ-1,5
7	ДТ-75М+ ККН-2,8	9	ДТ-75М+ ЗКВГ-1,4
		10	ДТ-75М+ ЗКВГ-1,4

Оба состава комплекса машин представлены также в таблицах 2.24-2.25. Анализ данных таблицы 2.23 позволяет подтвердить существование выдвинутые ранее следующие предикатных высказываний. Так был определен первый квантор: **существует такое почвообрабатывающее орудие или тяговая машина**, которые приводят к минимальным общим затратам:

$\exists x_9 \cdot A(x_1, \dots, x_9)$. В качестве такой тяговой машины имеется трактор Т-4А, который соответствует этим параметрам. Следующий предикат с квантором существования - **существует такое почвообрабатывающее орудие и тяговая машина**, которые приводят к минимальным затратам на обработку почвы при рыхлении: $\exists x_5 \cdot B(x_1, \dots, x_9)$. В качестве таких агрегатов можно представить следующие: Т4-А+ ПН6-35, ДТ-75М (Агромаш 90ТГ) + ПН6-35, ДТ-75М (Агромаш 90ТГ) + ПН4-35.

Таблица 2.24- Состав комплексов высокоэффективных агрегатов










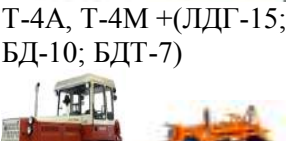





















Пахота	Боронование	Дискование		Культивация	Прикатывание
		1-й агрофон	2-й агрофон		
Т4-А+ПН6-35(ПЛН6-35)  Агромаш 90ТГ + ПН6-35  Агромаш 90ТГ+ ПН4-35 	Т-150+(БЗСС или БЗТС)  Т-4А+ (БЗСС или БЗТС)  ДТ-75М+(БЗСС или БЗТС) 	Т-150 +БД-10  Т-4А, Т-4М +БД-10 	Т-150 +(ЛДГ-15; БД-10; БДТ-7)  Т-4А, Т-4М +(ЛДГ-15; БД-10; БДТ-7)  ДТ-75М +ЛДГ-10; БДТ-3 	К-701 + КШУ-18-1; К-700+ КШУ- 18-1  К-701 +КСП-4-4; К-00+ КСП-4-4  Т-4А, Т-4М +КПС-4-4 	ДТ-75М+ 3КК-6  ДТ-75М+ ККН-2,8 

Таблица 2.25- Состав комплексов низкоэффективных агрегатов

Пахота	Боронование	Дискование		Культивация	Прикатывание
		1-й агрофон	2-й агрофон		
К701+ ПТК9-35  К700+ ПП8-35  МТЗ-1221 + ПН4-35 	К-701+ (БЗСС или БЗТС)  К-700+ (БЗСС или БЗТС) 	К-701 +БДТ-7  МТЗ-1221+ИДб-6 	ИТр-180+ ИДб-6  МТЗ-1221 +БД-10 БДТ-7 	Тр-180+ИКр-4  МТЗ-1221 + ИКр-6  МТЗ-80,МТЗ-82+КПС4 	ДТ-75М+ 3КВБ-1,5  ДТ-75М+ ККН-2,8  ДТ-75М+ 3КВГ-1,4 

Существование такого агрегата, включающего почвообрабатывающее орудие и тяговую машину, которые имеют одновременно минимальные затраты при рыхлении и приводят минимуму общих затрат, определяемое выражением 2.3, можно подтвердить наличием тракторов Т-4А, ДТ-75М («Агромаш» 90ТГ). Существование такого почвообрабатывающего агрегата, приводящего к минимуму эрозионных потерь почвы $\exists x_6 \cdot D(x_1, \dots, x_9)$, подтверждают данные по моделированию всех агрегатов и этому высказыванию соответствуют все гусеничные трактора и колесные типа МТЗ-121 и МТЗ-80. Наличие такого почвообрабатывающего агрегата или силовой его части, которые имеют одновременно минимальные общие затраты и приводящие к минимальным затратам на эрозионные потери, подтверждается также результатами имитационного моделирования по тракторам типа Т-4А, ДТ-75М («Агромаш» 90ТГ).

Следующий этап – выбор данных по основным удельным затратам для представителей групп. В качестве основных характеристик приняты следующие: количество агрегатов, общие затраты на топливо и компенсацию ущерба, в том числе затраты на топливо. В зависимости от требований к выполнению агросроков все данные дифференцированы на три категорийных режима: жесткий (в зависимости от технологической операции 2 или 5 смен), норма (4 или 10 смен), мягкий (6 или 15 смен). После чего сформировались таблицы 2.26 и 2.27 для высокоэффективных и низкоэффективных групп.

Таблица 2.26 – Основные характеристики агрегатов при отдельных технологических операциях из состава высокоэффективных групп

Состав агрегата	Наименование характеристики	Уровень требований к агросрокам								
		жесткий			норма			мягкий		
		мин	норма	макс	мин	норма	макс	мин	норма	макс
Пахота 1-й агрофон										
ДТ-75М + ПН6-35	Количество агрегатов, шт.	11	17	19	8	11	16	6	9	12
	Затраты общие, тыс. руб.	1,37	1,14	1,09	1,41	1,17	0,96	1,51	1,11	0,91
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,43	0,57	0,72	0,43	0,57	0,72	0,43	0,57	0,72
Пахота 2-й агрофон										
ДТ-75М + ПН6-35	Количество агрегатов, шт.	12	17	22	8	12	16	6	9	12
	Затраты общие, тыс. руб.	1,33	1,15	1,05	1,44	1,13	0,98	1,53	1,13	0,93
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,46	0,58	0,70	0,46	0,58	0,70	0,46	0,58	0,70
Пахота 3-й агрофон										
ДТ-75М + ПН6-35	Количество агрегатов, шт.	13	20	22	9	12	17	7	9	11
	Затраты общие, тыс. руб.	1,09	0,92	0,89	1,10	0,93	0,82	1,10	0,91	0,83
	Затраты на топ-	0,38	0,46	0,55	0,38	0,46	0,55	0,38	0,46	0,55

	ливо, тыс. руб.									
Боронование 2 прохода (норма)										
Т-150+ БЗТС-1,0	Количество агрегатов, шт.	2	3	4	2	3	4	2	3	4
	Затраты общие, тыс. руб.	0,98	0,89	0,84	0,98	0,89	0,84	0,98	0,89	0,84
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,07	0,12	0,18	0,07	0,12	0,18	0,07	0,12	0,18
Боронование 2 прохода двойными боронами (норма)										
Т4-А+ БЗТС-1,0	Количество агрегатов, шт.	3	4	5	3	4	5	3	4	5
	Затраты общие, тыс. руб.	1,02	0,95	0,90	1,02	0,95	0,90	1,02	0,95	0,90
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,07	0,14	0,21	0,07	0,14	0,21	0,07	0,14	0,21
Дискование 1-й агрофон										
Т-150 +БД-10	Количество агрегатов, шт.	4	5	6	3	3	4	3	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,97	0,87	0,80	0,97	0,97	0,81	0,82	0,82	0,82
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,22	0,28	0,34	0,22	0,28	0,34	0,22	0,28	0,34
Дискование 2-й агрофон										
Т-150 +БД-10	Количество агрегатов, шт.	4	4	5	2	3	3	2	2	2
	Затраты общие, тыс. руб.	0,56	0,56	0,5	0,65	0,49	0,49	0,52	0,52	0,52
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,08	0,11	0,14	0,08	0,11	0,14	0,08	0,11	0,14
Культивация без боронования										
К-701 + КШУ- 18-1	Количество агрегатов, шт.	4	5	6	3	3	3	2	2	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,94	0,83	0,77	0,78	0,78	0,78	0,79	0,79	0,76
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,06	0,08	0,11	0,06	0,08	0,11	0,06	0,08	0,11
Культивация с боронованием										
К-701 + КШУ- 18-1	Количество агрегатов, шт.	5	6	7	3	3	4	2	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,93	0,84	0,79	0,91	0,91	0,78	0,98	0,78	0,78
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,07	0,10	0,13	0,07	0,10	0,13	0,07	0,10	0,13
Прикатывание										
ДТ-75М+ ЗКК-6	Количество агрегатов, шт.	6	7	8	4	4	5	3	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,51	0,44	0,40	0,42	0,42	0,39	0,40	0,40	0,40
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05

Таблица 2.27 – Основные характеристики агрегатов при отдельных технологических операциях из состава низкоэффективных групп

Состав агрегата	Наименование характеристики	Уровень требований к агросрокам								
		жесткий			норма			мягкий		
		мин	норма	макс	мин	норма	макс	мин	норма	макс
Пахота 1-й агрофон										
К701+ ПТК9-35	Количество агрегатов, шт.	6	9	16	4	6	10	4	5	6
	Затраты общие, тыс. руб.	1,95	1,75	1,57	2,06	1,75	1,51	1,86	1,67	1,55
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,68	0,86	1,05	0,68	0,86	1,05	0,68	0,86	1,05
Пахота 2-й агрофон										
К701+ ПТК9-35	Количество агрегатов, шт.	6	11	17	4	7	9	3	5	6
	Затраты общие, тыс. руб.	1,79	1,54	1,44	1,86	1,51	1,44	1,93	1,49	1,44
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,59	0,77	0,96	0,59	0,77	0,96	0,59	0,77	0,96
Пахота 3-й агрофон										
К701+ ПТК9-35	Количество агрегатов, шт.	7	17	18	5	8	9	4	6	7
	Затраты общие, тыс. руб.	1,58	1,35	1,35	1,55	1,35	1,35	1,50	1,35	1,35
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,52	0,67	0,84	0,52	0,67	0,84	0,52	0,67	0,84
Боронование 2 прохода (норма)										
К701+ БЗТС-1,0	Количество агрегатов, шт.	2	3	4	2	3	4	2	3	4
	Затраты общие, тыс. руб.	1,66	1,60	1,51	1,66	1,60	1,51	1,66	1,60	1,51
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,07	0,12	0,17	0,07	0,12	0,17	0,07	0,12	0,17
Боронование 2 прохода двойными боронами (норма)										
К701+ БЗТС-1,0	Количество агрегатов, шт.	2	2	3	2	2	3	2	2	3
	Затраты общие, тыс. руб.	1,71	1,71	1,61	1,71	1,71	1,61	1,71	1,71	1,61
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,08	0,18	0,39	0,08	0,18	0,39	0,08	0,18	0,39
Дискование 1-й агрофон										
МТЗ-1221 +ИДб-6	Количество агрегатов, шт.	5	6	7	4	5	5	3	4	4
	Затраты общие, тыс. руб.	1,39	1,28	1,21	1,39	1,23	1,23	1,50	1,23	1,23
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,31	0,41	0,51	0,31	0,41	0,51	0,31	0,41	0,51
Дискование 2-й агрофон										
МТЗ-1221 +(БД-10;	Количество агрегатов, шт.	5	5	6	3	4	4	2	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,81	0,81	0,75	0,86	0,73	0,73	0,96	0,70	0,70

БДТ-7; IDb-6)	тыс. руб.									
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,12	0,16	0,19	0,12	0,16	0,19	0,12	0,16	0,19
Культивация без боронования										
МТЗ-80, МТЗ-82+КПС-4-1	Количество агрегатов, шт.	18	20	22	10	11	12	7	8	8
	Затраты общие, тыс. руб.	0,79	0,73	0,69	0,85	0,76	0,69	0,90	0,73	0,73
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,1	0,12	0,15	0,1	0,12	0,15	0,1	0,12	0,15
Культивация с боронованием										
ДТ-75М+КШУ-8-1, КСП-4-2	Количество агрегатов, шт.	13	15	16	7	8	8	5	6	7
	Затраты общие, тыс. руб.	0,64	0,57	0,52	0,74	0,62	0,62	0,78	0,55	0,47
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,09	0,12	0,15	0,09	0,12	0,15	0,09	0,12	0,15
Прикатывание										
ДТ-75М+ЗКВБ-1,5	Количество агрегатов, шт.	8	8	8	5	5	6	3	4	5
	Затраты общие, тыс. руб.	0,54	0,54	0,54	0,48	0,48	0,41	0,65	0,42	0,40
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06

Так как большинство технологических операций еще разделяются на составляющие в зависимости от агрофона или типа оборудования, то было сформированы два режима работы агрегатов: **тяжелый** – при работе на агрофонах, требующих низкую производительность с большими затратами топлива или обрабатывать тяжелыми двойными боронами и **облегченный** – на легких агрофонах и с обычными боронами. На этом принципе составлена результирующая таблица 2.28, где приведено суммирование всех удельных затрат в зависимости от эффективности группы, режима работы и уровня требований к агросрокам.

Таблица 2.28 – Сводные данные по группам агрегатов в зависимости от эффективности группы, режима работы и уровня требований к агросрокам.

Вид группы агрегатов	Наименование характеристики	Уровень требований к агросрокам								
		жесткий			норма			мягкий		
		мин	норма	макс	мин	норма	макс	мин	норма	макс
Тяжелый режим работы										
Высокой эффективности	Количество агрегатов, шт.	29	39	45	21	25	34	17	22	26
	Затраты общие, тыс. руб.	4,02	4,26	4,81	3,78	4,36	4,69	3,75	4,00	4,69
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,82	1,13	1,45	0,82	1,13	1,45	0,82	1,13	1,45
Низкой эффективности	Количество агрегатов, шт.	34	40	50	22	26	32	17	21	25

сти	Затраты общие, тыс. руб.	5,45	5,85	6,23	5,38	5,79	6,38	5,26	5,58	6,50
	Затраты на топливо, тыс. руб.	1,20	1,62	2,16	1,20	1,62	2,16	1,20	1,62	2,16
Облегченный режим работы										
Высокой эффективности	Количество агрегатов, шт.	29	39	45	20	25	32	16	19	23
	Затраты общие, тыс. руб.	3,40	3,64	4,08	3,32	3,51	3,93	3,35	3,51	3,79
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,62	0,81	1,03	0,62	0,81	1,03	0,62	0,81	1,03
Низкой эффективности	Количество агрегатов, шт.	40	53	58	25	31	35	18	24	27
	Затраты общие, тыс. руб.	4,84	5,03	5,38	4,69	4,92	5,40	4,69	4,80	5,67
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,85	1,12	1,41	0,85	1,12	1,41	0,85	1,12	1,41

Из полученной таблицы 2.28 видно следующее. Для тяжелого режима работы между высокоэффективной группой и низкоэффективной практически нет разницы в оптимальном количестве агрегатов при «норме», независимо от уровня требований к агросрокам (от «жесткого» до «мягкого»). Как для высокоэффективной так и для низкоэффективной отличие затрат от «нормы» для всех режимов (от «жесткого» до «мягкого») составляет $\pm 10\%$. Имеется существенное отличие по общим затратам между группами эффективности: высокоэффективная превышает низкоэффективную от 1,43 до 1,6 тыс. руб./га (на 33- 37%). Также высокоэффективная группа имеет меньшие затраты на топливо – от 0,38 до 0,71 тыс. руб./га (на 26-50%).

Для облегченного режима работы низкоэффективная группа для уровня «норма», имеет больше значение оптимального количества агрегатов: для жестких требований к агросрокам – на 14 шт., для нормальных – на 6 шт., для мягких – на 5 шт. В то же время, превышение общих затрат низкоэффективной группы по сравнению с высокоэффективной, находится в интервале от 1,3 до 1,4 тыс. руб./га (на 37-40%). Превышение уровня затрат на топливо для низкоэффективной группы составляет от 0,23 до 0,38 тыс. руб./га (на 29-45%). Следует заметить, что затраты на топливо, во всех случаях, находятся на уровне 30-35% от общих затрат на топливо и компенсацию ущербов от воздействия на почвы и из-за срыва агросроков. Необходимо отметить, что все основные расчеты с ориентированы на площадь в 1000 га и общие затраты уже исчисляются миллионами рублей.

В случае если хозяйство применяет минимальную обработку почвы с безотвальными плугами, можно также определить эффективность применяемых агрегатов. При таком варианте в качестве плугов могут применяться КПЭ-3,8-Г, ПГЗ-100, ПЧН-3,2, ПРВ, «ПАРАПЛАУ», ПЧ-4,5 (таблица П2.2, приложения). Анализ данных таблиц по пахоте отвальными плугами и безотвальными показывает, что последние будут иметь меньшие энергетические затраты и большую производительность на уровне 25-35%. В связи с этим

при формировании таблиц по затратам по минимальной обработке почвы по пахоте можно взять данные из обработке отвальными плугами из нижнего предела. Как показывает опыт эксплуатации и литература при минимальной обработке сокращается количество технологических операций (обычно исключается дискование) и сокращается количество проходов боронами. Результаты расчетов по определению затрат для минимальной обработки сведены в таблицу 2.29.

Таблица 2.29 – Сводные данные по группам агрегатов при минимальной обработке почвы, в зависимости от эффективности группы, режима работы и уровня требований к агросрокам.

Вид группы агрегатов	Наименование характеристики	Уровень требований к агросрокам								
		жесткий			норма			мягкий		
		мин	норма	макс	мин	норма	макс	мин	норма	макс
Тяжелый режим работы										
Высокой эффективности	Количество агрегатов, шт.	25	34	39	18	22	30	14	19	23
	Затраты общие, тыс. руб.	2,31	2,53	2,93	2,26	2,59	2,82	2,24	2,4	2,93
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,44	0,61	0,78	0,44	0,61	0,78	0,44	0,61	0,78
Низкой эффективности	Количество агрегатов, шт.	29	34	43	18	21	27	14	17	21
	Затраты общие, тыс. руб.	3,77	4,05	4,26	3,70	4,04	4,38	3,57	3,85	4,44
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,65	0,86	1,16	0,65	0,86	1,16	0,65	0,86	1,16
Облегченный режим работы										
Высокой эффективности	Количество агрегатов, шт.	25	35	40	18	22	29	14	17	21
	Затраты общие, тыс. руб.	2,63	2,80	3,19	2,58	2,74	2,95	2,58	2,72	2,94
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,40	0,50	0,64	0,40	0,50	0,64	0,40	0,50	0,64
Низкой эффективности	Количество агрегатов, шт.	35	48	52	22	27	31	16	21	24
	Затраты общие, тыс. руб.	3,69	3,82	4,10	3,56	3,79	4,08	3,59	3,70	4,30
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,57	0,76	0,97	0,57	0,76	0,97	0,57	0,76	0,97

Анализ данных таблиц 2.27, 2.28 показывает следующее. По сравнению с обще принятой технологией при минимальной обработке и тяжелом режиме работы, общие затраты для высокоэффективной группы снизились на 1,6-2,1 тыс. руб./га (на 40-45%), для низкоэффективной группы – на 1,73-1,8 тыс. руб./га (на 31%); для облегченного режима работы: для высокоэффективной группы затраты снизились на 50%, а для низкоэффективной – на 23%. Затраты на топливо при минимальной обработке и тяжелом режиме работы в

два раза ниже, а для облегченного режима меньше на 32%. Сократилось общее количество работающих агрегатов на 10-15%. При минимальной обработке разница по общим затратам между группами эффективности составила: высокоэффективная превышает низкоэффективную в тяжелом режиме работы в среднем на 1,5 тыс. руб./га (на 37%), в легком на 1 тыс. руб./га (на 26%). Также высокоэффективная группа имеет меньшие затраты на топливо, в среднем на 33%.

2.7 Выводы

1. С использованием логики предикатов и кванторной алгебры определены предметные переменные и их области существования для логического программирования по сплошной обработке почвы. Выделено три многоместных предиката и после квантификации получены логические уравнения, позволяющие определить направления дальнейших исследований.
2. Получена общая целевая функция по почвообработке для оптимизации количества работающих агрегатов и получению минимума затрат на топливо и компенсацию ущербов из-за срыва агросроков и от уплотнения почвы после движения агрегатов по полю.
3. С помощью специальной надстройки «пакет анализа» определены аппроксимирующие уравнения для отдельных технологических операций для сплошной обработки почвы по установлению расхода топлива в зависимости от производительности агрегата, группы сложности движения по полю, глубины обработки, типа агрофона, типа почвообрабатывающего орудия, типа трактора. Полученные регрессионные уравнения входят в состав отдельных целевых функций.
4. На основе общей целевой функции по почвообработке разработаны частные – для отдельных технологических операций: пахота, боронование, сплошная культивация, дискование, прикатывание. Такие целевые функции уже могут быть использованы для дальнейшего анализа любыми аналитическими или экспериментальными методами.
5. Наличие в целевых функциях 9-12 переменных привело к необходимости использования имитационных моделей, которые в процессе их реализации на ЭВМ позволяют имитировать поведение реальной системы в разных условиях. Разработан полный алгоритм вероятностной имитационной модели целевой функции по определению состава пахотного агрегата и его технологических параметров. Реализацию моделирования по методу Монте-Карло предложено проводить с использованием специальной надстройки в Excel. Выполнялась проверка адекватности результатов моделирования данным статистических наблюдений, относительная ошибка моделирования не превысила 5%, то есть модель дает результаты, адекватные натурным экспериментам.
6. В результате имитационного моделирования по пахоте удалось получить информацию по оптимальному значению количества агрегатов при различных нормативных агросроках при соответствующих ущербах, а также сроках

превышающих данные нормативы. Также на основе сводных данных моделирования получено геометрическое место оптимального количества агрегатов с соответствующими общими удельными затратами. Предложено все агрегаты по эффективности разделить условно на 4 группы.

7. На пахоте произведена оценка эффективности замены почвообрабатывающего орудия на одном тракторе, что позволило заключить следующее: для трактора К-700 наиболее эффективным является орудие типа ПГП7-40 и при работе с ним затраты в среднем на 22% ниже по сравнению с ПТК9-35 и на 32% с ПП8-35; для Т-150К замена рабочего органа типа ПЛН6-35 не оказывает существенного влияния на эффективность - на 3% по сравнению с ПЛН5-35 и ПН4-40, на 9% по сравнению с ПЛН4-35; на тракторах Т4-А и ДТ-75М замена орудий ПН6-35 на ПН4-35 приводит к снижению затрат на 16%. Таким образом, вид орудия оказывает влияние на эффективность работы агрегата, но не для всех типов тракторов.

8. Рассчитана также эффективность агрегатов при смене типа трактора при работе с одним и тем же почвообрабатывающим орудием и результаты показывают низкую зависимость эффективности от замены тягового агрегата – в пределах 10%.

9. Моделирование других агрофонов (2- старопашотные земли, стерня зерновых-колосовых и однолетних трав, 3- поле после корнеклубнеплодов и перепашки) проводилось только для отдельных представителей от каждой группы и показало, что для 1-й и 2-й групп эффективности на втором агрофоне практически не изменилось значение общих удельных затрат; на третьем агрофоне - для всех категорий удельные затраты ниже. Агрофон более сильно влияет на группы, у которых в качестве силового агрегата используется трактор типа К-701, МТЗ-1221, Т-150К, работающие с соответствующими прицепными почвообрабатывающими орудиями. Таким образом, можно сказать, что совершенствование орудий почвообработки приведет к повышению эффективности как данных агрегатов, так и наиболее эффективных таких как Джон Дир”, “Нью Холланд” и др.

10. Моделирование работы агрегатов при бороновании показало, что изменение типа борон мало влияет на эффективность агрегатов, большее влияние оказывает количество проходов, оптимальное количество агрегатов колеблется в небольших пределах и для всех агрегатов составляет 2-3 шт. Все агрегаты условно разбиты на 5 групп эффективности в зависимости от затрат на топливо и компенсацию общего ущерба.

11. Анализ боронования говорит о том, что наибольшее влияние на ущерб от срыва агросроков оказывает агрегат с трактором типа МТЗ-80, а наименьшее – К-701 (из-за разной производительности). В тоже время зависимость ущерба из-за уплотнения почвы от проходов агрегата наблюдается обратный вид: наибольшее – К-701 и наименьшее – МТЗ-80 - из-за затрат на топливо и уплотнения почвы.

12. Произведено моделирование для двойных тяжелых борон и с точки зрения эффективности из-за срыва агросроков, на первом месте находится агрегат с трактором К-701, а на последнем – МТЗ-80, и связано с тем, что трак-

тор К-701 имеет высокую производительность - может обрабатывать поля меньшим количеством. Трактор МТЗ-80 при тяжелых боронах резко снижает свою производительность, что приводит к необходимости увеличения количества работающих агрегатов (5 -8), а наименьшее количество агрегатов требуется при агрегатировании с трактором К-701 (2 -3).

13. После моделирования технологической операции – дискование все агрегаты распределены также на четыре группы эффективности на первом месте идут агрегаты с гусеничными тракторами Т-150, Т-4А с дискаторами БД-10, на последнем месте тракторы К-700, К-701 с тяжелыми дискаторами БДТ-7. Для агрегата К-701 +БД-10, при количестве нормативных смен равное 12 уже после трех работающих агрегатов ущерб становится равный нулю (дальнейшее увеличение не эффективно) а для агрегата Т-4А, Т-4М +БДТ-7 при том же количестве нормативных смен только после 6 агрегатов увеличение агрегатов не влияет на ущерб из-за срыва агросроков.

14. На основе анализа моделирования при культивации были сформированы 4 группы по эффективности и в 1-ю группу попали агрегаты К-700, К-701, которые ранее обычно были на последних местах. Это связано с тем, что данная технологическая операция теснее связана с агросроками, а эти агрегаты имеют высокую производительность, и это приводит к высокой эффективности, не смотря на более сильное воздействие на почву. Также проанализированы данные при культивации с боронованием и отмечено значительное влияние типа почвообрабатывающего орудия на эффективность агрегатов.

15. Расчеты по эффективности почвообрабатывающих орудий при культивации для трактора К-700 показывают следующее: при 2- сменном нормативном сроке, работой от 1-5 шт., с орудием КШУ-18-1 общие затраты на топливо и компенсацию ущербов составят от 2597 до 832 руб./га; переход на КСП-4-4 приведет к увеличению данного вида расходов 23 – 17%; замена на КШУ-12 1, КСП-4-3 увеличит затраты на 56-33%; при 4-х сменном нормативном сроке затраты будут 2230-750 руб./га (от 1 до 4 агрегатов), замена на КСП-4-4 приводит к увеличению расходов на 27-4%, переход на КШУ-12 1, КСП-4-3 – 65-22%. Чем короче нормативный срок тем больше влияние вида почвообрабатывающего орудия на эффективность агрегата. Замена таких орудий как КСП-4-4 на КШУ-12-1, КСП-4-3 в среднем повышает эффективность на 30%. Таким образом, имеет смысл также и на этой операции заниматься усовершенствованием почвообрабатывающих орудий.

16. Установлено, что для орудия КСП-4-3 смена трактора К-700 на Т-150К не оказывает влияние на эффективность работы. Также небольшая разница (до 20%) между гусеничными тракторами Т-4А и ДТ-75М. По орудью КСП-4-2 нужно сказать, что только трактор ДТ-75М отличается никакой эффективностью – ниже на 41% по сравнению с Т-150К, а остальные – находятся, ориентировочно, на одном уровне.

17. После анализа данных моделирования по операции прикатывание произведено разделение агрегатов на три группы эффективности и установлено, что 2-ю и 3-ю группы эффективности занимают все агрегаты с тракторами Т-150К и МТЗ-122; для тракторов Т-150К и МТЗ-122 замена почвообрабаты-

вающего орудия практически не влияет на эффективность по топливу и компенсацию ущербов; при достаточно большом количестве тракторов (более 5-6) по сравнению с другими технологическими операциями становятся более эффективными агрегаты ДТ-75М+ 3КВГ-1,4 ДТ-75М+ 3КВГ-1,4 и они переходят в первую группу из-за малого воздействия на почву.

18. Анализ сводных данных по всем технологическим операциям при традиционной системе обработки почвы подтвердить существование выдвинутые ранее следующие предикатных высказываний. Так первому квантифицированному предикату **существует такое почвообрабатывающее орудие или тяговая машина**, которые приводят к минимальным общим затратам соответствует тяговая машины трактор Т-4А.

19. После интегрирования всех агрегатов в общую традиционную технологию почвообработки и выборки их характеристик (количество агрегатов, общие затраты на топливо и компенсацию ущербов, в том числе затраты на топливо), дифференцировать в зависимости от требований к выполнению агросроков предложено их дифференцировать на три категорийных режима: жесткий (в зависимости от технологической операции 2 или 5 смен), норма (4 или 10 смен), мягкий (6 или 15 смен). Также в зависимости от агрофона или типа оборудования, то было сформированы два режима работы агрегатов: «тяжелый» – при работе на агрофонах, требующих низкую производительность с большими затраты топлива или обрабатывать тяжелыми двойными боронами и «облегченный»– на легких агрофонах и с обычными боронами.

20. Для тяжелого режима работы между высокоэффективной группой и низкоэффективной практически нет разницы в оптимальном количестве агрегатов, независимо от уровня требований к агросрокам (от «жесткого» до «мягкого»). Имеется существенное отличие по общим затратам между группами эффективности: высокоэффективная превышает низкоэффективную от 1,43 до 1,6 тыс. руб./га (на 33- 37%). Также высокоэффективная группа имеет меньшие затраты на топливо – от 0,38 до 0,71 тыс. руб./га (на 26-50%).

21. Для облегченного режима работы низкоэффективная группа для уровня «норма», имеет больше значение оптимального количества агрегатов: для жестких требований к агросрокам – на 14 шт., для нормальных – на 6 шт., для мягких – на 5 шт. В то же время, превышение общих затрат низкоэффективной группы по сравнению с высокоэффективной, находится в интервале от 1,3 до 1,4 тыс. руб./га (на 37-40%). Превышение уровня затрат на топливо для низкоэффективной группы составляет от 0,23 до 0,38 тыс.руб./га (на 29-45%). Следует заметить, что затраты на топливо, во всех случаях, находятся на уровне 30-35% от общих затрат на топливо и компенсацию ущербов от воздействия на почвы и из-за срыва агросроков.

22. При минимальной обработке почвы разница по общим затратам между группами эффективности составила: высокоэффективная превышает низкоэффективную в тяжелом режиме работы в среднем на 1,5 тыс. руб./га (на 37%), в легком на 1 тыс. руб./га (на 26%). Также высокоэффективная группа имеет меньшие затраты на топливо, в среднем на 33%.

23. По сравнению с обще принятой технологией при минимальной обработке и тяжелом режиме работы, общие затраты для высокоэффективной группы снизились на 1,6 -2,1 тыс. руб./га (на 40-45%), для низкоэффективной группы – на 1,73-1,8 тыс. руб./га (на 31%); для облегченного режима работы: для высокоэффективной группы затраты снизились на 50%, а для низкоэффективной – на 23%. Затраты на топливо при минимальной обработке и тяжелом режиме работы в два раза ниже, а для облегченного режима меньше на 32%. Также сократилось общее оптимальное количество работающих агрегатов на 10-17%.

3. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ И ФОРМАЛИЗОВАННЫЕ МОДЕЛИ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ОПЕРАЦИЯМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

3.1 Основные технологические операции обработки почвы, заделки пожнивных остатков и сохранения влаги

Для определения эффективности усовершенствования рабочих органов агрегатов вернемся к логическому программированию. На основании выражения (2.1) представим формализованную логическую модель для технологического процесса обработки почвы с коэффициентами для каждой операции:

$$A(x_1... x_9): x_5=f(x_1,... x_4), x_9=k_1x_5+k_6x_6+k_7x_7+k_8x_8. \quad (3.1)$$

Входящие в это выражение коэффициенты принимают значение равное 1 для базового состава агрегатов. Создадим два базовых состава агрегатов (высоко и низкоэффективные группы) для среднего уровня работ по всем операциям при традиционной технологии обработки почвы (Таблицы 3.1, 3.2).

Таблица 3.1 – Сводные данные по базовому комплексу высокоэффективных агрегатов

Состав агрегата	Наименование характеристики	Уровень требований к агросрокам								
		жесткий			норма			мягкий		
		мин	норма	макс	мин	норма	макс	мин	норма	макс
Пахота 2-й агрофон										
ДТ-75М + ПН6-35	Количество агрегатов, шт.	12	17	22	8	12	16	6	9	12
	Затраты общие, тыс. руб.	1,33	1,15	1,05	1,44	1,13	0,98	1,53	1,13	0,93
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,46	0,58	0,70	0,46	0,58	0,70	0,46	0,58	0,70
Боронование 2 прохода (норма)										
Т-150+ БЗТС-1,0	Количество агрегатов, шт.	2	3	4	2	3	4	2	3	4
	Затраты общие, тыс. руб.	0,98	0,89	0,84	0,98	0,89	0,84	0,98	0,89	0,84
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,07	0,12	0,18	0,07	0,12	0,18	0,07	0,12	0,18
Дискование 2-й агрофон										
Т-150 +БД-10	Количество агрегатов, шт.	4	4	5	2	3	3	2	2	2
	Затраты общие, тыс. руб.	0,56	0,56	0,5	0,65	0,49	0,49	0,52	0,52	0,52
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,08	0,11	0,14	0,08	0,11	0,14	0,08	0,11	0,14
Культивация без боронования										
К-701 + КШУ-18-1	Количество агрегатов, шт.	4	5	6	3	3	3	2	2	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,94	0,83	0,77	0,78	0,78	0,78	0,79	0,79	0,76

	тыс. руб.									
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,06	0,08	0,11	0,06	0,08	0,11	0,06	0,08	0,11
Прикатывание										
ДТ-75М+ЗКК-6	Количество агрегатов, шт.	6	7	8	4	4	5	3	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,51	0,44	0,40	0,42	0,42	0,39	0,40	0,40	0,40
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05
ИТОГО										
	Количество агрегатов, шт.	28	36	45	19	25	31	15	19	24
	Затраты общие, тыс. руб.	4,32	3,87	3,56	4,27	3,71	3,48	4,22	3,73	3,45
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,7	0,93	1,18	0,7	0,93	1,18	0,7	0,93	1,18

Таблица 3.2 – Сводные данные по базовому комплексу низкоэффективных агрегатов

Состав агрегата	Наименование характеристики	Уровень требований к агросрокам								
		жесткий			норма			мягкий		
		мин	норма	макс	мин	норма	макс	мин	норма	макс
Пахота 2-й агрофон										
К701+ПТК9-35	Количество агрегатов, шт.	6	11	17	4	7	9	3	5	6
	Затраты общие, тыс. руб.	1,79	1,54	1,44	1,86	1,51	1,44	1,93	1,49	1,44
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,59	0,77	0,96	0,59	0,77	0,96	0,59	0,77	0,96
Боронование 2 прохода (норма)										
К701+БЗТС-1,0	Количество агрегатов, шт.	2	3	4	2	3	4	2	3	4
	Затраты общие, тыс. руб.	1,66	1,60	1,51	1,66	1,60	1,51	1,66	1,60	1,51
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,07	0,12	0,17	0,07	0,12	0,17	0,07	0,12	0,17
Дискование 2-й агрофон										
МТЗ-1221+(БД-10; БДТ-7; IDb-6)	Количество агрегатов, шт.	5	5	6	3	4	4	2	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,81	0,81	0,75	0,86	0,73	0,73	0,96	0,70	0,70
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,12	0,16	0,19	0,12	0,16	0,19	0,12	0,16	0,19
Культивация без боронования										
МТЗ-80, МТЗ-82+КПС-4-1	Количество агрегатов, шт.	18	20	22	10	11	12	7	8	8
	Затраты общие, тыс. руб.	0,79	0,73	0,69	0,85	0,76	0,69	0,90	0,73	0,73
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,1	0,12	0,15	0,1	0,12	0,15	0,1	0,12	0,15

Прикатывание										
ДТ-75М+ ЗКВБ-1,5	Количество агрегатов, шт.	8	8	8	5	5	6	3	4	5
	Затраты общие, тыс. руб.	0,54	0,54	0,54	0,48	0,48	0,41	0,65	0,42	0,40
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06
ИТОГО										
	Количество агрегатов, шт.	28	36	45	19	25	31	15	19	24
	Затраты общие, тыс. руб.	5,59	5,22	4,93	5,71	5,08	4,78	6,1	4,94	4,78
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,92	1,22	1,53	0,92	1,22	1,53	0,92	1,22	1,53

Произведем замену отвального плуга на безотвальный типа КПЭ-3,8 или ПГЗ-100, ПЧН-3,2. После моделирования и анализа установлено, что это привело в пахоте к снижению общих затрат в два раза, а топливных ресурсов в 3,5 раза (также за счет небольшой глубины обработки), что сокращает в общей почвообработке общие затраты на 17% и затраты на топливо в два раза.

Для обеспечения энергосбережения необходимо, чтобы удельные затраты энергии новых предлагаемых вариантов конструктивно-технологических средств были меньше удельных затрат энергии базовых вариантов.

Согласно данным А.Н.Зеленина [64, 113, 114, 117, 154] известно, что при обработке почвы плугами с чизельными рабочими органами (рисунок 3.1), оснащённых прямыми стойками и долотами с шириной $b=4-5-6$ см, при угле подъёма $\alpha = 25-45^\circ$ критическая глубина резания $h_{кр}=(2,5 \div 4) b$ и плоскость скалывания имеет форму трапеции.

Ширина полосы деформации на поверхности почвы (B , м) при глубине обработки (a , м), угле подъёма (α), угле трения ($\varphi=26,5^\circ$) и угле скалывания ($\theta=50^\circ$) равна

$$B = b + \frac{2a \cdot \operatorname{tg}(\theta/2)}{\cos(\alpha + \varphi)} \quad (3.2)$$

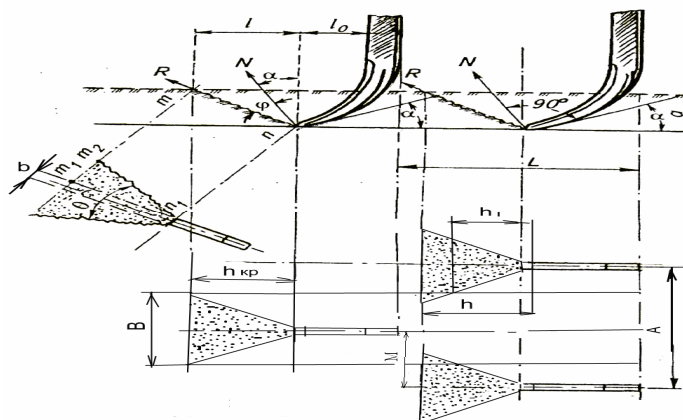


Рисунок 3.1 – Схема обработки почвы чизельным плугом

Расстояние между стойками устанавливается в зависимости от высоты гребней h_r , определяемых агротребованиями. Для снижения опасности заби-вания стоек почвой и растительными остатками их располагают в несколько рядов. В этом случае расстояния между стойками увеличивают в 2 раза, а тяговое сопротивление почвы второму ряду рабочих органов на 17–20 % меньше, чем первому за счёт заблокированного резания (резания без отделения стружки). Таким образом, нагрузки воспринимаемые лапами культиватора первого ряда примерно в 2 раза больше нагрузок лап 2-го ряда за счёт заблокированного резания. В связи с чем, выдвигаем следующую гипотезу: применение приёма заблокированного резания при конструировании лапы, должно снизить сопротивление почвы деформации или отрыву пласта ($R_{КХ}$) примерно на 20 %. Для этого изменим конструкцию плоскорезной лапы, и предложим её, например, в следующем виде.

1. Плоской стрелчатой лапы шириной 0,5 м, составленной из 7-ми плоских частей шириной 0,07 м, исходя из размеров получаемых комков равных 0,04–0,07 м за один проход. Тогда для данной формы лапы $R_{КХ1}$ определится согласно **новой** математической закономерности:

$$R_{R\{1} = c \cdot (a \cdot d_k | 7) + 2 c_1 | 7 (a_1 \cdot d_k + a_2 \cdot d_k + a_3 \cdot d_k)? \quad (3/3)$$

где a_1, a_2, a_3 – глубина резания (толщина срезаемого слоя) 1-ой, 2-ой и 3-ей ступенью лапы; c – коэффициент удельного сопротивления почвы долота, $c = 50-150 \text{ кН/м}^2$; c_1 – **новый** коэффициент удельного сопротивления почвы для 1-ой, 2-ой и 3-ей ступеней лап, $c_1 = 0,8 c$.

2. Плоской стрелчатой лапы шириной 0,5 м с размещением в средней части долота, тогда для этой формы будет **новое** $R_{КХ2}$, которое определится согласно новой закономерности:

$$R_{КХ2} = c \cdot (a_d \cdot v_d) + 2 c_2 a_l \cdot (v_l - v_d), \quad (3.4)$$

где a_d, a_l – толщина срезаемого слоя долотом и лапой; v_d – ширина долота; c_2 – **новый** коэффициент удельного сопротивления почвы лап, $c_2 = 0,8 c$.

3. Плоской стрелчатой лапы размещённой в несколько ярусов, так как, для обеспечения водопроницаемости необходимо увеличение глубины обработки почвы. Но при этом пропорционально росту глубины растёт тяговое сопротивление, так как плоскость скалывания пласта имеет форму трапеции из-за наличия угла скалывания $\theta_c = 50^\circ$ [113, 131] (угла между стороной и высотой трапеции), поэтому увеличиваются сечение пласта и соответственно ширина полосы деформации на поверхности почвы и размеры почвенных агрегатов. Затраты энергии на обработку увеличатся. Кроме этого при предпосевной обработке для получения в верхнем слое почвенных агрегатов размером 1–10 мм потребуется два, а то и три дополнительных прохода предпосевных машин, которые также увеличат затраты энергии. Кроме сказанного в связи с отсутствием возможности выполнять заблокированное резание тяговое сопротивление почвы лапам плуга ПЧН высокое от 4 до 13 кН/м [63, 76] в зависимости от глубины обработки.

При применении ярусного размещения лап, **новое** $R_{КХ3}$ определится тогда из математической закономерности:

$$R_{R\{3} = c \cdot (a_{1zh} \cdot d_{k1zh}) + c_{2zh} a_{2zh} d_{k2zh}? \quad (3/5)$$

где $c_{2яp}$ – **новый** коэффициент удельного сопротивления почвы лапы второго яруса ($c_{2яp}=(c+c_1)/2$), а c_1 – коэффициент удельного сопротивления почвы лапы при обработке легких почв; $a_{1яp}, a_{2яp}$ – глубина обработки лап 1-го и 2-го ярусов.

Новая математическая закономерность для определения продольной слагающей силы тяги для плоскорезных стрельчатых лап имеет вид

$$\begin{aligned} P_{Xj} &= 0,3 \cdot G_m / n + R_{KXi} + G \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varphi) + a \cdot v_l \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varphi) \text{ или,} \\ P_{Xj} &= 2,94 \cdot m / n + R_{KXi} + 25688,25 \cdot a \cdot v_l l + 16382,81 a \cdot v_l. \end{aligned} \quad (3.6)$$

где R_{KXi} – сопротивление почвы деформации или отрыву пласта двухгранным клином: плоской лапой, плоской составной лапой, плоской лапой с долотом, плоскими ярусными лапами ($R_{KX}, R_{KX1}, R_{KX2}, R_{KX3}$); n – количество рабочих органов.

Получим **новые** закономерности для определения тягового усилия $P_{Тк}$, (Н), учётом блокированного резания:

$$P_{Тл} = 0,68 \cdot H \cdot Z_{Xo} \cdot v_l + \mu \cdot b \cdot n \cdot 2b \quad (3.7)$$

Расчётные данные по определению сил сопротивления для измененных конструкций лап приведены в Приложении 3 (таблица П 3.1).

Снижения затрат энергии можно достичь также регулировкой наклона лап в момент работы (рисунок 3.2), оказывая влияние на процессы образования элементной стружки и стружки отрыва, которые также зависят от силы R_K .

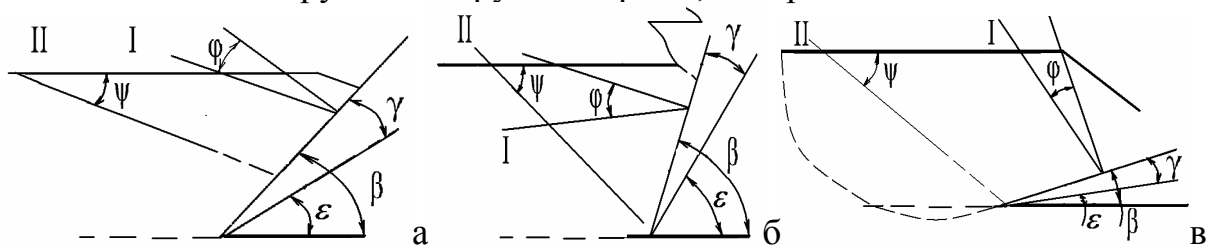


Рисунок 3.2 – Схема образования элементной почвенной стружки и стружки отрыва. Так как, из работы В.Б. Рыкова [109] известно, что перед лезвием возможно образование опережающей трещины и стружки отрыва при соотношении:

$$\psi \leq \frac{\pi}{2} - (\beta + \varphi) \quad (3.8)$$

где ψ – угол между направлением поверхности отделения почвенной стружки и поверхностью поля; φ – угол трения (угол между результирующей силой резания и нормалью к передней части лезвия рабочего органа); β – угол резания (рисунок 3.2 а).

$$\text{В случае} \quad \psi > \frac{\pi}{2} - (\beta + \varphi) \quad (3.9)$$

на поверхности плоскости отделения элементов стружки возникают нормальные напряжения, способствующие соединению элементов почвенной стружки, т.е. происходит сгуживание (рисунок 3.2 б), а энергозатраты будут максимальные.

$$\text{В случае} \quad \psi = \frac{\pi}{2} - \frac{(\beta + \varphi)}{2} \quad (3.10)$$

пласт срезается сплошной лентой (рисунок 3.2 в). При этом энергозатраты будут минимальные. Данные процессы применим при разрыхлении поверхностного слоя, например, при сохранении влаги или предпосевной обработке почвы.

Снижения сопротивления почвы и повышение качества обработки почвы можно достичь [145] также установкой на полулапы ворошителей в виде дисков (рисунок 3.3), которые в отличие от ворошителей клиновидной

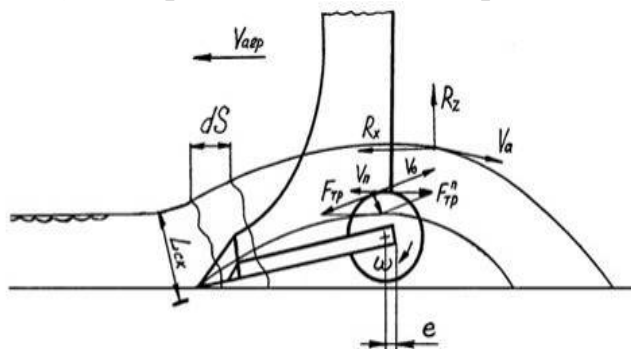


Рисунок 3.3 – Схема движения пласта при работе плоскорежущей лапы с дисковыми ворошителями

формы имеют более низкое сопротивление, т.к. сила трения качения имеет меньшее значение по сравнению с силой трения скольжения. Для достижения требуемого качества обработки почвы необходимо определить положение дополнительных устройств (ворошителей) относительно основного рабочего органа. В момент схода пласта с лезвия лапы частицы будут совершать свободное движение до встречи с диском. Процесс подрезания и отбрасывания почвенного пласта плоскорежущими полулапами характеризуется дальностью L_x его полета и высотой L_z подъема над дном борозды, которые определяются известными законами криволинейного движения материальной точки, брошенной под углом к горизонту.

Уравнения движения частиц пласта будут иметь вид:

$$\begin{aligned} x &= V_x t_n = V_a \cdot \cos \alpha \cdot t_n; \\ z &= V_z \cdot t_n = V_a \sin \alpha \cdot t_n - \frac{gt_n^2}{2}. \end{aligned} \quad (3.11)$$

После преобразований определим дальность полета:

$$x = L_x = \frac{V_a^2 \cos \alpha}{g} \left[\operatorname{tg} \alpha + \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{2gB \cdot \sin \alpha}{V_a^2 \cos^2 \alpha}} \right], \quad (3.12)$$

Высота подъема пласта:

$$L_z = \frac{V_a^2 \sin^2 \alpha}{2g} + B \sin \alpha \quad (3.13)$$

Анализируя выражения (3.12 и 3.13), можно увидеть:

- дальность полета и высота подъема частиц пласта характеризуется уравнениями с учетом геометрических параметров рабочего органа;
- при совместной работе лапы и дискового ворошителя необходимо учитывать расстояние их между собой, расстояние e , а также диаметр D диска;

–минимальное расстояние и минимальный диаметр дискового борошителя обуславливается моментом встречи движущихся частиц с диском, что способствует лучшему рыхлению почвы;

–при удалении дисков от зоны полета частиц почва при своем сходе с лап и дальнейшем падении на дно борозды сначала будет уплотняться, а затем подвергаться воздействию дисков, производя окончательное рыхление.

Это будет вызывать дополнительный расход энергии. С учетом сказанного, расстояние между борошителем и лапой должно быть меньше горизонтального перемещения пласта (дальности полета $l < L_x$). При движении пласта по поверхности лапы и после схода с нее частицы имеют динамические силы (силы инерции). Если диск расположен от лапы на расстоянии большем, чем дальность схода пласта, эти силы не будут оказывать положительного действия на работу диска. И, наоборот, при небольшом расстоянии между борошителем и лапой движущийся пласт находит на диск, и эти силы будут способствовать лучшему вращению диска. Крошение почвы в этом случае будет эффективнее. Особенно это сказывается, если рабочий процесс осуществляется на повышенных скоростях. При этом окружное усилие здесь становится небольшим за счет уменьшения сил трения. В связи с этим удельные затраты энергии нового устройства с дисковыми борошителями должны отличаться от базового плуга.

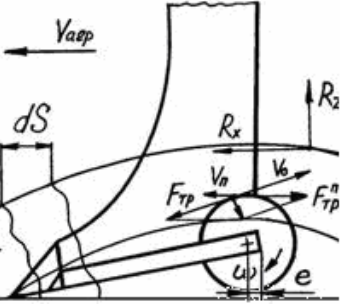
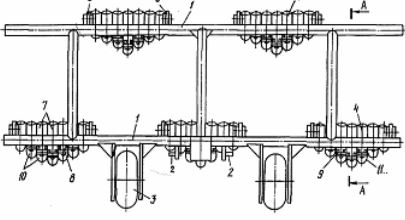
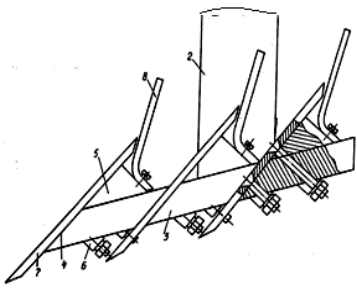
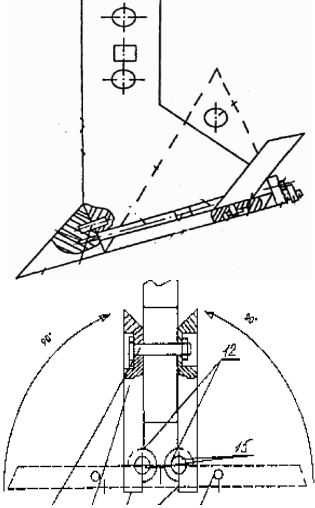
Согласно принятой гипотезе заблокированного резания, многовариантности применяемых технических средств, АЛЭ нами проведены поисковые и патентные исследования. На основании проведенных исследований нами разработаны и предложены следующие новые конструктивно-технологические решения (КТР) и закономерности определения энергозатрат: с дисковыми борошителями, с составными лапами, со складывающимися лапами, с двухъярусными и с трёхъярусными лапами, с поворачивающимися лапами, с износостойкими долотами и т.д.

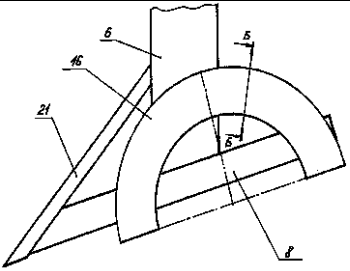
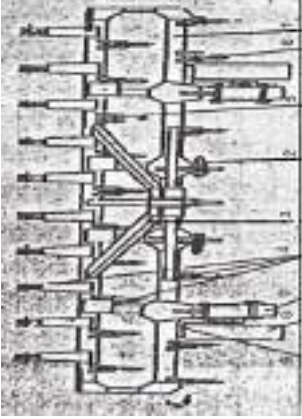
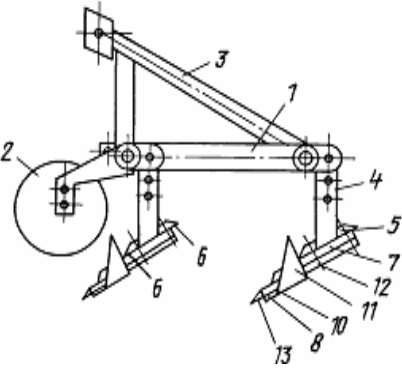
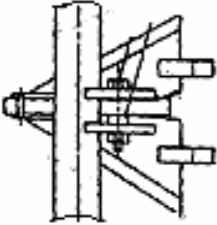
В таблице 3.3 приведены технические характеристики конструктивно-технологических решений с новыми рабочими органами и показатели качества.

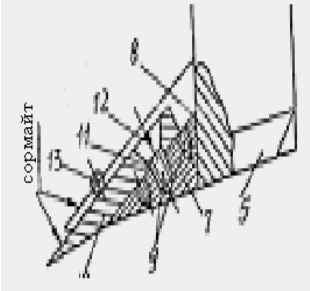
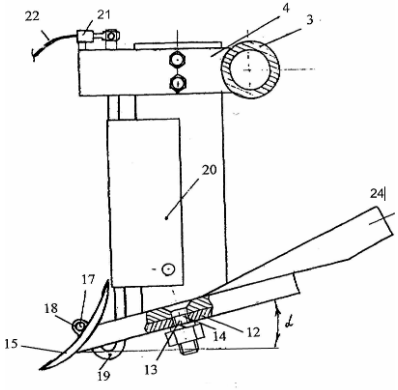
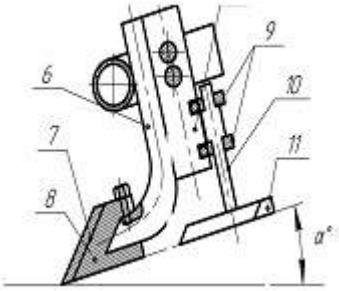
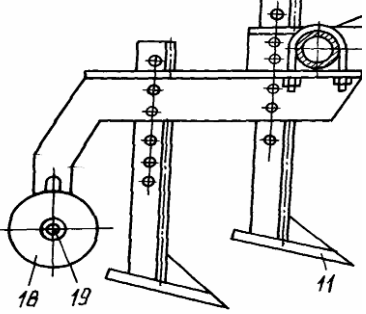
В результате анализа новых средств обработки почвы получены следующие преимущества и значения коэффициентов в уравнении 3.1.

Таблица 3.3 – Технические характеристики конструктивно-технологических решений с новыми рабочими органами и показатели качества

Технические характеристики	Схема рабочих органов, общего вида машины	Показатели качества
1	2	3
1. Рыхление полупара плугом с треугольной лапой и с шарнирными дисковыми борошителями -Агрегатируется с трактором – кл 3;		-Комковатость согласно агротребованиям – 30 %; -Расход топлива – 9,85 кг/га; -Переворота пласта – нет;

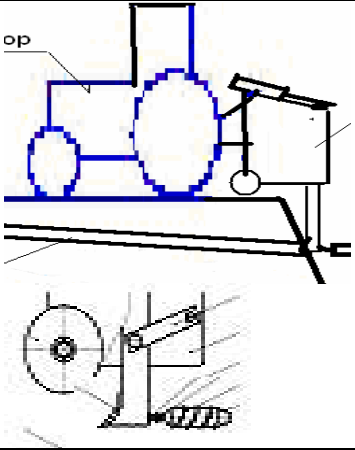
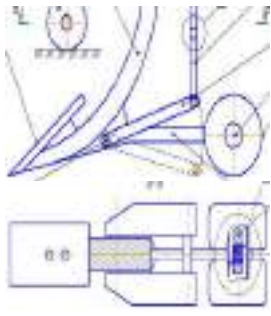
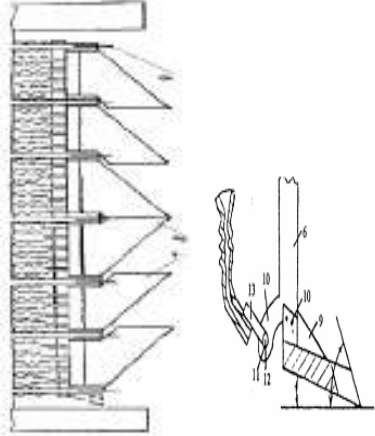
<p>-a – до 20 см; -V_p – 9-12 км/ч; -Π – 3,5 га/ч; -B_m – 3,2 м; -$v_{дл}$ – 500 мм; -n – 7 шт; m – 750 кг; Ворошители на лапе – 2 шт.</p>	 <p>Стойки – плоские прямые</p>	<p>-Уплотнения почвы – нет -Необходимо дополнительно – 3 прохода дисковой бороной;</p>
<p>2. Рыхление полупара составной лапой из круглых элементов: -Агр. с тр. – кл 2; -a – до 15-30 см (0,2 м); -V_p – 9-12 км/ч; -Π – 1,4 га/ч; -B_m – 2,2 м; -$v_{дл}$ – 490 мм; -v_3 – 70 мм; -Кол. раб. орг. – 5 шт.; -m – 565 кг;</p>		<p>-Комковатость согласно агротребованиям – 75 %; -Расход топлива – 11,1-16,5 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; -Необходимо дополнительно – 1 проход;</p>
<p>3. Рыхление полупара составной лапой из плоских элементов: -Агр. с тр. – кл 2; -a – 15-30 см; -V_p – 9-12 км/ч; -Π – 1,4 га/ч; -B_m – 2,2 м; -$v_{дл}$ – 490 мм; -v_3 – 70 мм; -Кол. раб. орг. – 5; -m – 565 кг</p>		<p>-Комковатость согласно агротребованиям – 75 %; -Расход топлива – 11,1-16,5 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; -Необходимо дополнительно – 1 проход</p>
<p>4. Обработка почвы складывающейся треугольной лапой: -Рыхление полупара; -Разрушение подошвы; -Агр. с тр. – кл 3; -a – 15-60 см; -V_p – 9-12 км/ч; -Π – 2,9 га/ч; -B_m – 3,2 м; -$v_{дл}$ – 500 мм; -$v_{дл}$ – 70 мм; -Кол. раб. орг. – 7; -m – 775 кг;</p>		<p>-Комковатость – 30 %; -Расход топлива – 11,9 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; -Необходимо дополнительно – 3-4 прохода; -Операций – 2; -Разуплотняет плужную подошву;</p>
<p>5. Обработка почвы складывающейся кольцевой лапой;</p>		<p>-Комковатость согласно агротребованиям – 50 %;</p>

<p>-Рыхление полупара; -Разрушение подошвы; -Агр. с тр. – кл 3; -a – 15-60 см; -V_p – 9-15 км/ч; -Π – 2,9-4,8 га/ч; -B_m – 3,2 м; -$v_{л}$ – 500 мм; -$v_{д}$ – 70 мм; -Кол. раб. орг. – 7; -m – 740 кг;</p>		<p>-Расход топлива – 7,2 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; -Необходимо дополнительно – 1-2 прохода; -Операций – 2; -Разуплотняет плужную подошву</p>
<p>6. Конструктивно-технологические решения (сгруппированная)</p>		
<p>6.1. Лушение ЛЧ-4,2 с чизельными элементами: -Агр. с тр. – кл 3; -V_p – 7,5-9 км/ч; -$v_{л}$ – 50-70 мм; -B_m – 4,2 м; -Π – 2,5 га/ч; -a – до 20 см; -m – 825 кг;</p>		<p>-Комковатость согласно агротребованиям – 70 %; -Расход топлива – 13,8 кг/га; -Необходимо – дополнительное рыхление 2 прохода;</p>
<p>6.2. Рыхление полупара лапами с износостойким долотом: -Агр. с тр. – кл 3; -a – до 20 см; -V_p – 9 км/ч (2,5 м/с); -Π – 2,9 га/ч; -B_m – 3,2 м; -$v_{л}$ – 500 мм; -Кол. раб. орг. – 7; -m – 760 кг;</p>		<p>-Комковатость согласно агротребованиям – 30 %; -Расход топлива – 11,9 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; - Необходимо дополнительно – 2-3 прохода; -работоспособность без заточки – 2000 га</p>
<p>6.3. Рыхление полупара лапами, с износостойким долотом: -Агр. с тр. – кл 3; -a – до 20 см; -V_p – 9 км/ч (2,5 м/с); -Π – 2,9 га/ч; -B_m – 3,2 м; -$v_{л}$ – 500 мм; -Кол. раб. орг. – 7; -m – 750 кг;</p>		<p>-Комковатость согласно агротребованиям – 30 %; -Расход топлива – 11,9 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; - Необходимо дополнительно – 2-3 прохода; -Работоспособность без замены лап – 2000</p>

		и более га
<p>6.4. Рыхление полупара лапами с пассивно-активным долотом: - Агр. с тр. – кл 3; -<i>a</i> – до 20 см; -<i>V_p</i> – 12 км/ч; -<i>П</i> – 3,84 га/ч; -<i>B_м</i> – 3,2 м; -<i>в_д</i> – 500 мм; -Кол. раб. орг. – 7; -<i>m</i> – 820 кг;</p>		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 30 %; -Расход топлива – 8,98 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; -Необходимо дополнительно – 2-3 и более проходов;
<p>6.5. Рыхление полупара с поворачивающимися треугольными лапами и круглым долотом: -Агр. с тр. – кл 3; -<i>a</i> – 15-60 см; -<i>V_p</i> – 9-12 км/ч; -<i>П</i> – 3,5 га/ч; -<i>B_м</i> – 3,2 м; -<i>в_д</i> – 500 мм; -Кол. раб. орг. – 7; -<i>m</i> – 720 кг</p>		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 30 %; -Расход топлива – 9,87 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; -Необходимо дополнительно – 3-4 пр.; -Разуплотняет плужную подошву и отводит излишки влаги; -Операций – 2;
<p>7. Рыхление полупара двухъярусными лапами: -Агр. с тр. – кл 3; -<i>a</i> – 30-60 см; -<i>V_p</i> – 9 км/ч; -<i>П</i> – 2,9 га/ч; -<i>B_м</i> – 3,2 м; -<i>в_д</i> – 500 мм; -Кол. раб. орг. – 14; -<i>m</i> – 880 кг;</p>		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 50 %; -Расход топлива – 11,9 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; -Необходимо дополнительно – 1 проход; -Разуплотняет плужную подошву

<p>8. Рыхление полупара лапами и разуплотнение подошвы;</p> <p>-Агр. с тр. – кл 3;</p> <p>-a – 15-75 см;</p> <p>-V_p – 9 км/ч;</p> <p>-П – 2,8 га/ч;</p> <p>-B_m – 3,2 м;</p> <p>-$V_{л1}$ – 500 мм;</p> <p>-$V_{л2}$ – 270 мм;</p> <p>-$V_{л3}$ – 70 мм;</p> <p>-Кол. раб. орг. – 21;</p> <p>-m – 980 кг;</p>		<p>-Комковатость согласно агротребованиям – 70 %;</p> <p>-Расход топлива – 12,2 кг/га;</p> <p>-Переворота пласта – нет;</p> <p>-Уплотнения почвы – нет;</p> <p>-Необходимо дополнительно – 1 проход;</p> <p>-Разуплотняет плужную подошву и отводит излишки влаги;</p> <p>-Операций – 1;</p>
<p>9. Предпосевное рыхление прямоугольной лапой :</p> <p>-Агр. с тр. – кл 2;</p> <p>-a – 6-15 см;</p> <p>-V_p – 9 км/ч (2,5 м/с);</p> <p>-П – 2,25 га/ч;</p> <p>-B_m – 2,5 м;</p> <p>-$V_{л}$ – 500 мм;</p> <p>-m – 605 кг;</p>		<p>-Комковатость согласно агротребованиям – 100 %;</p> <p>-Расход топлива 23 кг/ч или 10,2 кг/га;</p> <p>-Переворота пласта – нет;</p> <p>-Дно – ровное, плотное, укатанное;</p> <p>-Операций – 1;</p>
<p>10. Рыхление агрегатом почвообрабатывающим комбинированным с дисковыми лапами и их поворотом:</p> <p>-Агр. с тр. – кл 5;</p> <p>-a – 6-8; 8-16; 4-6 см;</p> <p>-V_p – 11 км/ч; -П – 3,15 га/ч; -B_m – 3,5 м;</p> <p>-m – 2750 кг;</p>		<p>-Выравнивание, подрезание сорняков, вычесывание сорняков, измельчение пожнивных, дробление глыб, прикатывание, мульчирование;</p> <p>-Расход топлива – 22,8 кг/га; -</p> <p>Комковатость -100 %;</p>
<p>11. Рыхление полупара лапами с пассивно-активным долотом:</p> <p>-Агр. с тр. – кл 3;</p> <p>-a – до 20 см;</p> <p>-V_p – 12 км/ч;</p> <p>-П – 3,84 га/ч;</p> <p>-B_m – 3,2 м;</p>		<p>Комковатость согласно агротребованиям – 30 %;</p> <p>Расход топлива – 8,98 кг/га;</p> <p>-Переворота пласта – нет;</p> <p>Уплотнения почвы – нет;</p> <p>-Необходимо допол-</p>

<p>-$V_{дл}$ – 500 мм; -Кол. раб. орг. – 7; -m – 1040 кг;</p>		<p>нительно – 2-3 и более проходов; -Возможность безотвального рыхления пересушенной почвы; -Операций – 1;</p>
<p>12. Рыхление пара агрегатом комбинированным с трубными стойками и съемными лапами, кольчатый катком: -Агр. с тр. – кл 3; -a – 16-25 см; -V_p – 7-10 км/ч; -Π – 4 га/ч; -B_m – 4 м; -m – 920 кг;</p>		<p>-Выравнивание, подрезание сорняков, вычесывание сорняков, измельчение пожнивных, прикатывание, мульчирование; Комковатость – 96 %; Расход топлива – 8,6-12,3 кг/га</p>
<p>13. Рыхление полупара лапами с активным долотом: -Агр. с тр. – кл 5; -a – до 20 см; -V_p – 9 км/ч (2,5 м/с); -Π – 2,9 га/ч; -B_m – 3,2 м; -$V_{дл}$ – 500 мм; -Кол. раб. орг. – 7; -m – 960 кг;</p>		<p>-Комковатость согласно агротребованиям – 30 %; -Расход топлива – 24,8 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; -Необходимо дополнительно – 2-3 и более проходов; -Возможность безотвального рыхления пересушенной почвы;</p>
<p>14. Лушение (предпосевное рыхление) дисковым органом модифицированным (БДФМ 3×2П): -Агр. с тр. – кл 3; -V_p – 12-20 км/ч; -Диаметр диска – 450 мм; -Угол атаки – 15-35°; -B_m – 3 м; -Π – 3,2-5,7 га/ч; -a – до 18 см; -Кол. раб. орг. – 24; -m – 1255 кг;</p>		<p>-Комковатость-100 %; -Расход топлива – 6,05-9,58 кг/га; -Уплотнение почвы – присутствует; -Работоспособность без тех. ухода – 3000 и более гектаров;</p>

<p>15. Дренажное устройство для почвы для отвода лишней влаги:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 0,6; -a – 65-25 см; -V_p – 12 км/ч; -Π – 0,6 га/ч; -B_m – 0,09 м; 		<ul style="list-style-type: none"> -Нарезает щели и дренажи $\varnothing 90$ мм и с уклоном 0,05%; -Расход топлива – 23-26 кг/га;
<p>16. Рыхление зяби и накопление талых вод:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 0,6; -a – до 60 см; -V_p – 12 км/ч; -Π – 0,6 га/ч; -B_m – 0,5 м; 		<ul style="list-style-type: none"> -Осуществляет безотвальное рыхление зяби с одновременным дренажом вибрирующим катком; -Увеличены объем дренажа и плотность ее стенок; -Расход топлива – 23 кг/га;
<p>17. Проведение предпосевной обработки почвы с одновременным посевом зерновых колосовых культур экспериментальным средством:</p> <ul style="list-style-type: none"> -B_m – 6 м -Π – 7,2 га/ч -a – 2-8 см; -Емкость бункера – 1200 дм³ 		<ul style="list-style-type: none"> -Междурядье – 12,5 см; -Норма высева – 350 кг/га; -Расход топлива – 20,1 кг/ч или 2,8 кг/га; -Возможность сева по стерне. Всходы на 6-7 дней раньше; -Прибавка урожая на 3,06 ц/га;

1. «Устройство для безотвальной вспашки» [145] с дисковыми ворошителями – $k_5=0,9$ (из-за снижения тягового сопротивления).

2. «Устройство для безотвальной вспашки» [130, 205], рабочие органы которого выполнены составными из круглых элементов лапами на прямоугольных стойках – $k_8=0,88$ (за счет в два раза сокращения количества проходов бороной).

3. Устройство для осуществления «Способа безотвальной обработки почвы» [202] с рабочим органом в виде плоской составной лапы – $k_8=0,88$ (за счет в два раза сокращения количества проходов бороной).

4. «Устройство для обработки почвы» [123, 213] со складывающимися лапами, прототипом, которого является также разработанный нами «Плуг навесной» [195]. Указанные устройства имеют расширенные технологические (функциональные) возможности и представляют универсальные орудия для

безотвальной обработки почвы. В тоже время из-за наличия долота, которое улучшает заглубление рабочего органа «Устройство для обработки почвы» предпочтительнее «Плуга навесного» и обеспечивает рыхление, как на богаре [66], так и в садах. Плуг со сложенными лапами используется для разуплотнения подошвы при глубине обработки 0,6 м, ширине рабочего органа 0,1 м. При этом среднее тяговое сопротивление глубокорыхлителя и плоскорежа, равны соответственно 10,5 кН/м и 6 кН/м [64, 77]. Таким образом, за счет уменьшения общего тягового усилия коэффициент $k_5=0,85$.

5. «Устройство для обработки почвы» [214], которое имеет такие новые элементы, как: складывающиеся полулапы в виде полуколец с заточками снаружи и внутри, фиксирующиеся в разложенном и в сложенном положении; перемещающийся и фиксирующийся на необходимой глубине обработки почвы ползун. Новые элементы позволяют проводить предпосевную, послонную обработку почвы, с повышенной глубиной (чизелевание) и коэффициент $k_5=0,85$.

6. Новые конструктивно-технологические решения такие как: «Луцильник чизельный навесной» [234], «Орудие для безотвальной обработки почвы» [193], «Устройство для безотвальной обработки почвы» [210], «Орудие для безотвальной обработки почвы» [194], «Устройство для безотвальной обработки почвы» [206] соответствуют модели базового варианта, но имеют также следующие отличия:

– «Луцильник чизельный навесной» [234], предназначенный для лущения сорняков и поверхностного рыхления почвы, а также для закрытия влаги сразу после уборки имеет сменные рабочие органы.

– «Орудие для безотвальной обработки почвы» [193], рабочие органы которых имеют повышенную эксплуатационную надёжность. Применение данных рабочих органов позволит повысить качество обработки почвы, т.е. уменьшить комковатость, полнее срезать корневища сорняков, уменьшить гребнистость дна, а также повысить эксплуатационную надёжность, т.к. за счет съёмных с повышенной твердостью пластинок срок службы долота увеличивается.

– «Устройство для безотвальной обработки почвы» [210] оснащенное долотами, которые можно выдвигать, легко снимать и затачивать.

– «Орудие для безотвальной обработки почвы» [194], с активными органами с подвижным долотом и съёмными полулапами.

– «Устройство для безотвальной обработки почвы» [206] – это универсальное средство для безотвальной обработки почвы с цилиндрическими долотами и поворачивающимися лапами [150], которое предназначено для лучшего (с меньшими затратами энергии) внедрения долота в почву, а также для повышения эксплуатационной надёжности и расширения технологической возможности.

Все эти предложенные усовершенствованные органы для данной операции сокращают топливные затраты только для этой технологической операции и поэтому $k_8=0,97$.

7. «Плуг навесной» [196] с двухъярусным размещением лап и с одинаковой шириной захвата. Данные плуги для безотвальной обработки почвы с увеличенной глубиной пахотного слоя [131] обеспечивают проницаемость влаги на большую глубину и создание качественной степени разрыхленности почвы и коэффициент $k_5=0,9$.

8 «Устройство для основной обработки почвы» [216] с трёхъярусным размещением лап с разной шириной захвата, обеспечивает послойное рыхление и коэффициент $k_5=0,9$.

9. «Рыхлитель чизельный» [201]. Рыхлитель представляет собой средство для безотвальной предпосевной обработки почвы. Он предназначен для обеспечения получения ровного семенного ложа, за счёт прямоугольных лап с нижней заточкой, а также для разрыхления почвенных структур верхнего горизонта благодаря неподвижным прямоугольным или вращающимся дисковым ворошителям [132].

Мы предполагаем, что применение данного рыхлителя повысит качество обработки почвы, заключающееся в разрыхлении почвенного пласта на глубину до 0,08 м, в подготовке семенного ложа и в получении мелкокомковатой структуры на поверхности при удельной массе рыхлителя 362,5 кг/м, отсутствии дополнительных проходов, при среднем тяговом сопротивлении плоскореза для глубины 0,08 м равным 2 кН/м [77]. Так как эта операция производится в режиме культивация, то с одной стороны это приводит к повышению урожайности на 5-10%, а с другой $k_8=0,88$ (за счет в два раза сокращения количества проходов).

Главная задача предпосевной обработки почвы – тщательное закрытие и сохранение влаги через создание верхней мульчированной поверхности, уничтожение сорняков и создание благоприятных условий для прорастания семян с биологически оптимальной глубины их заделки. Предпосевная обработка почвы ведётся на глубину заделки семян. Важное условие обработки – создание мелкокомковатого агрегатного состава на поверхности почвы и получение уплотнённого ровного ложа для обеспечения дружных всходов. При этом недостатками при предпосевной подготовке почвы существующими культиваторами или рыхлителями (например, агрегатом для обработки склоновых полей, подверженных водной эрозии, разработанных во ВНИП-ТИМЭСХ исследователем В.Б. Рыковым [109] или плугами-рыхлителями типа ПЧН со стрелчатými лапами) является то, что дно (ложе для семян) получается с зубчатым профилем. Ворошители рыхлителей не всегда качественно делят пласт почвы, особенно если почва задернела или сухая, поэтому комки имеют большие размеры (150 мм и более). Стойки и рассекатели участвуют в сжатии почвы, в отрывании и разделении пласта почвы на две полосы. Низкое качество разрыхления почвенных структур верхнего горизонта не обеспечивает условий эффективного накопления и использования почвенной влаги, не способствует получению гарантированных урожаев зерновых культур в условиях рискованного засушливого земледелия. Исследования по решению указанной проблемы актуальны, особенно для степной зоны Северно-

го Кавказа (Краснодарского края, Ростовской области и Ставропольского края), являющейся основной зерносеющей зоной России.

10. «Агрегат комбинированный почвообрабатывающий» [188]. Предназначен для подготовки почвы к посеву за один проход. При его использовании сокращается количество технологических операций – исключается дискование, боронование и прикатывание. Следовательно коэффициент $k_8=0,25$.

11. «Агрегат для обработки почвы», составленный с помощью «Устройства для безотвальной обработки почвы» [209] с комбинированным рабочим органом, состоящим из цилиндрического долота и двух плоских дисков, расположенных в одной наклонной плоскости. Долото прикреплено к наклонной стойке, диски – к двум параллельным валам, установленным на подшипниках качения. Агрегат составлен также с помощью пружинного катка или «Шлейф-катка спирального» [232] для разбивания крупных почвенных агрегатов, для выравнивания поверхности поля и прикатывания поверхностного слоя. При создании рабочего органа учтено, что плотность почвы, а, следовательно, и сила сопротивления движению дисков и осей в почве и силы трения дисков и осей о почву, – переменны. Комбинации этих нагрузок создадут условия для поворотов и вращения дисков и осей относительно их общих осей. Более плотные участки почвы будут в определенной степени обкатывать их, снизятся динамические нагрузки на детали и узлы рабочего органа, увеличится степень крошения, а, следовательно, и качество обработки почвы, создаются условия для самоочистки дисков от растительных остатков, которые обволакивают их. Тогда коэффициент $k_5=0,9$.

12. «Агрегат почвообрабатывающий» [пол. решение по заявке в ФИПС]. Предназначен для подготовки почвы к посеву. Содержит безотвальный плуг и кольчато-зубчатый двухсекционный каток. Рабочие органы плуга представлены трубчатыми согнутыми стойками с чизелями и съёмными плоско-резными лапами. Аналогично примеру 10 сокращается количество технологических операций и $k_8=0,25$.

13 «Агрегат для безотвальной вспашки» [186], который представляет собой средство для безотвальной обработки почвы активными рабочими органами и предназначено для обработки пересушенной почвы. Иногда в период уборки зерновых на Кубани стоит иссушающая почва жара при северо-восточном ветре, из-за чего верхний слой почвы обезвоживается. В такой твёрдый, слежавшийся, ещё и уплотнённый после уборки, пласт затруднено заглубление рабочих органов. Устройство предназначено также для лучшего внедрения долота в почву, в том числе для повышения эксплуатационной надёжности и расширения технологической возможности. Способ рыхления активным долотом является альтернативой другим способам, например, дисковому лушению (из-за уплотнения за счёт укатывания почвы) и при сжатых агросроках имеет высокую эффективность – $k_7=0,75$.

14. «Борона дисковая» [189] имеет повышенную эксплуатационную надёжность подшипниковых узлов, предназначена для рыхления и подготовки почвы под зерновые и технические культуры, а также для измельчения и заделки растительных остатков предшествующей культуры и уничтожения сорной рас-

тельности. Аналогами являются БД-10Б, БДТ-7А, БДМ-7×2 (ООО БДМ-агро, г Краснодар) и др. Удельные затраты энергии соответствуют базовым вариантам (аналогам) и поэтому имеет базовое значение коэффициентов.

15. Средства для отвода излишней влаги [231], предназначены для выполнения дренирующих щелей с уклоном к сборному каналу и связано с дополнительным проведением технологической операции в случае такой необходимости.

16. Средство для накопления и сохранения влаги предназначено для сбора талых вод в подготовленных для этого горизонтальных щелях, что способствует повышению урожая. При определении удельных затрат энергии для средств 15 и 16 необходимо учитывать затраты на изготовление дрен.

17. «Посевной агрегат» [198], представляет комбинированное конструктивно-технологическое средство для одновременного проведения предпосевной обработки почвы и посева зерновых колосовых культур. «Посевной агрегат» обеспечит повышение качества посева за счет уменьшения выноса влажных слоев почвы на поверхность и отброса подрезаемого пласта в сторону и получения ровного ложа, а также снижение затрат энергии за счёт совмещения операций почвообработки с посевом.

Замена в базовых комплексах рабочих органов для безотвальной обработки типа КПЭ-3,8, ПЧН-3,2 на новые, указанные в таблице 3.3 под номерами 1, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 14 приводит к снижению общих затрат на данной операции, в среднем на 10%. Большинство разработанных и усовершенствованных орудий позволяют сократить количество технологических операций. Произведем замену рабочих органов для двух базовых комплексов эффективности на усовершенствованные машины и определим экономическую целесообразность такой модернизации. Для этого составлены таблицы 3.4 -3.7, где указаны предлагаемые варианты замены рабочих органов и соответствующие значения затрат. **Первый вариант** производит следующие технологические операции и имеет рабочие органы: пахота – один из органов 4, 5, 6.2-6.5, лущение -11; культивация – 9. В данном варианте комплекта рабочих машин возможно выполнение пахоты также рабочими органами 2 и 3. При более тяжелых почвах возможен **второй вариант**: пахота – один из органов 4, 5, 6.2-6.5, лущение -11; боронование (один проход) – 14; культивация – 9; сохранение влаги (один проход, дает прибавку урожая 10-15%) – 16.

Таблица 3.4 – Сводные данные по комплексу высокоэффективных агрегатов с предлагаемой заменой рабочих органов, **первый вариант**

Состав агрегата	Наименование характеристики	Уровень требований к агросрокам								
		жесткий			норма			мягкий		
		мин	норма	макс	мин	норма	макс	мин	норма	макс
Пахота 2-й агрофон										
Т4А + 4 (или 5, 6.2-6.5)	Количество агрегатов, шт.	7	8	8	3	4	5	2	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,50	0,48	0,47	0,58	0,50	0,47	0,63	0,48	0,47
	Затраты на топ-	0,12	0,14	0,16	0,14	0,16	0,19	0,14	0,16	0,19

	ливо, тыс. руб.									
Дискование 2-й агрофон										
Т-150+11	Количество агрегатов, шт.	5	5	6	3	4	4	2	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,80	0,80	0,72	0,85	0,71	0,70	0,95	0,68	0,68
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,11	0,14	0,17	0,11	0,14	0,17	0,11	0,14	0,17
Культивация без боронования										
К-701 + комбинированное орудие 9 (10)	Количество агрегатов, шт.	4	5	6	3	3	3	2	2	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,85	0,75	0,69	0,70	0,70	0,70	0,71	0,71	0,68
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,06	0,08	0,11	0,06	0,08	0,11	0,06	0,08	0,11
ИТОГО										
	Количество агрегатов, шт.	16	18	20	9	11	12	6	8	9
	Затраты общие, тыс. руб.	2,15	2,03	1,88	2,13	1,91	1,87	2,29	1,87	1,83
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,29	0,36	0,44	0,31	0,38	0,47	0,31	0,38	0,47

Таблица 3.5 – Сводные данные по комплексу высокоэффективных агрегатов с предлагаемой заменой рабочих органов, **второй** вариант

Состав агрегата	Наименование характеристики	Уровень требований к агросрокам								
		жесткий			норма			мягкий		
		мин	норма	макс	мин	норма	макс	мин	норма	макс
Пахота 2-й агрофон										
Замена Т4А + 4 (или 5, 6.2-6.5)	Количество агрегатов, шт.	7	8	8	3	4	5	2	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,50	0,48	0,47	0,58	0,50	0,47	0,63	0,48	0,47
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,12	0,14	0,16	0,14	0,16	0,19	0,14	0,16	0,19
Боронование 1 проход (норма)										
Т-150+ 14	Количество агрегатов, шт.	2	3	4	2	3	4	2	3	4
	Затраты общие, тыс. руб.	0,49	0,45	0,42	0,49	0,45	0,42	0,49	0,45	0,42
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,04	0,06	0,09	0,04	0,06	0,09	0,04	0,06	0,09
Дискование 2-й агрофон										
Т-150+11	Количество агрегатов, шт.	5	5	6	3	4	4	2	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,80	0,80	0,72	0,85	0,71	0,70	0,95	0,68	0,68
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,11	0,14	0,17	0,11	0,14	0,17	0,11	0,14	0,17
Культивация без боронования										
К-701 +	Количество агрегатов, шт.	4	5	6	3	3	3	2	2	3

комби- ниро- ванное орудие 9 (10)	регатов, шт.									
	Затраты общие, тыс. руб.	0,85	0,75	0,69	0,70	0,70	0,70	0,71	0,71	0,68
	Затраты на топ- ливо, тыс. руб.	0,06	0,08	0,11	0,06	0,08	0,11	0,06	0,08	0,11
Сохранение влаги										
К-701 + комби- ниро- ванное орудие 16	Количество аг- регатов, шт.	12	17	22	8	12	16	6	9	12
	Затраты общие, тыс. руб.	1,30	1,1	1,00	1,41	1,10	0,96	1,50	1,10	0,90
	Затраты на топ- ливо, тыс. руб.	0,46	0,58	0,70	0,46	0,58	0,70	0,46	0,58	0,70
ИТОГО										
	Количество аг- регатов, шт.	30	38	46	19	26	32	14	20	25
	Затраты общие, тыс. руб.	3,94	3,58	3,3	4,03	3,46	3,25	4,28	3,42	3,15
	Затраты на топ- ливо, тыс. руб.	0,79	1	1,23	0,81	1,02	1,26	0,81	1,02	1,26

Таблица 3.6 – Сводные данные по базовому комплексу низкоэффективных агрегатов, **первый** вариант

Состав агрегата	Наименование характеристики	Уровень требований к агросрокам								
		жесткий			норма			мягкий		
		мин	норма	макс	мин	норма	макс	мин	норма	макс
Пахота 2-й агрофон										
К701+ 4 (или 5, 6.2-6.5)	Количество аг- регатов, шт.	5	6	8	3	4	4	2	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,93	0,90	0,87	0,90	0,88	0,88	0,92	0,88	0,88
	Затраты на топ- ливо, тыс. руб.	0,17	0,20	0,24	0,17	0,20	0,24	0,17	0,20	0,24
Дискование 2-й агрофон										
МТЗ-1221 + 11	Количество аг- регатов, шт.	5	5	6	3	4	4	2	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,80	0,80	0,72	0,84	0,71	0,70	0,94	0,68	0,67
	Затраты на топ- ливо, тыс. руб.	0,10	0,14	0,16	0,10	0,14	0,16	0,10	0,14	0,16
Культивация без боронования										
МТЗ-80, МТЗ-82+ комби- ниро- ванное орудие 9 (10)	Количество аг- регатов, шт.	18	20	22	10	11	12	7	8	8
	Затраты общие, тыс. руб.	0,71	0,66	0,62	0,77	0,68	0,62	0,81	0,66	0,66
	Затраты на топ- ливо, тыс. руб.	0,1	0,12	0,15	0,1	0,12	0,15	0,1	0,12	0,15
ИТОГО										
	Количество аг- регатов, шт.	28	31	36	16	19	20	11	14	14
	Затраты общие,	2,44	2,36	2,21	2,51	2,27	2,2	2,67	2,22	2,21

	тыс. руб.									
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,37	0,46	0,55	0,37	0,46	0,55	0,37	0,46	0,55

Таблица 3.7 – Сводные данные по комплексу низкоэффективных агрегатов с предлагаемой заменой рабочих органов, **второй** вариант

Состав агрегата	Наименование характеристики	Уровень требований к агросрокам								
		жесткий			норма			мягкий		
		мин	норма	макс	мин	норма	макс	мин	норма	макс
Пахота 2-й агрофон										
Замена Т4А + 4 (или 5, 6.2-6.5)	Количество агрегатов, шт.	5	6	8	3	4	4	2	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,93	0,90	0,87	0,90	0,88	0,88	0,92	0,88	0,88
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,17	0,20	0,24	0,17	0,20	0,24	0,17	0,20	0,24
Боронование 1 проход (норма)										
К-701+ 14	Количество агрегатов, шт.	2	3	4	2	3	4	2	3	4
	Затраты общие, тыс. руб.	0,83	0,80	0,76	0,83	0,80	0,76	0,83	0,80	0,76
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,04	0,06	0,09	0,04	0,06	0,09	0,04	0,06	0,09
Дискование 2-й агрофон										
МТЗ-1221 +11	Количество агрегатов, шт.	5	5	6	3	4	4	2	3	3
	Затраты общие, тыс. руб.	0,80	0,80	0,72	0,85	0,71	0,70	0,95	0,68	0,68
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,11	0,14	0,17	0,11	0,14	0,17	0,11	0,14	0,17
Культивация без боронования										
МТЗ-80, МТЗ-82+ комбинированное орудие 9 (10)	Количество агрегатов, шт.	18	20	22	10	11	12	7	8	8
	Затраты общие, тыс. руб.	0,71	0,66	0,62	0,77	0,68	0,62	0,81	0,66	0,66
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,1	0,12	0,15	0,1	0,12	0,15	0,1	0,12	0,15
Сохранение влаги										
К-701 + комбинированное орудие 16	Количество агрегатов, шт.	12	17	22	8	12	16	6	9	12
	Затраты общие, тыс. руб.	1,30	1,1	1,00	1,41	1,10	0,96	1,50	1,10	0,90
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,46	0,58	0,70	0,46	0,58	0,70	0,46	0,58	0,70
ИТОГО										
	Количество агрегатов, шт.	42	51	62	26	34	40	19	26	30
	Затраты общие, тыс. руб.	4,57	4,26	3,97	4,76	4,17	3,92	5,01	4,12	3,88
	Затраты на топливо, тыс. руб.	0,88	1,1	1,35	0,88	1,1	1,35	0,88	1,1	1,35

Состав комплексов агрегатов разной эффективности также представлен в таблицах 3.8-3.11. Анализ полученных данных при втором варианте комплекса машин показывает, что все затраты достигают случая традиционной обработки. Однако, если прибавка урожая будет 10%, то дополнительная прибыль (около 3,5 тыс. руб./га) перекроет даже общие затраты на компенсацию ущербов и топливо.

Результаты сравнения всех затрат по базовому комплексу машин и новому представлены графически на рисунках 3.4-3.9. Так из рисунка 3.4 видно, что для высокоэффективных комплексов машин безотвальная технология позволяет сократить оптимальное количество агрегатов на 25-32% (в зависимости от уровня требований к агросрокам). В тоже время внедрение новых почвообрабатывающих машин, за счет пониженных сопротивлений и совмещения технологических операций, позволит сократить количество работающих агрегатов на 50-58% (практически в два раза). Аналогично – для низкоэффективных комплексов машин (Рис.3.5), безотвальная технология приводит к сокращению агрегатов также на 11-14% , а новый комплекс машин на 14-27%. Таким образом, изменение технологии обработки почвы для низкоэффективных комплексов оказывает меньшее влияние на оптимальное количество агрегатов. Изменение способа обработки почвы приводит и к изменению затрат. При переходе на безотвальную обработку высокоэффективных агрегатов и уменьшаются общие затраты на 27% (Рис.3.6), а на новый комплекс машин – на 48-50%. Для низкоэффективных машин аналогично, для безотвальной обработки на 12% , а для новых машин – на 55% (Рис.3.7). Внедрение новых рабочих органов для низкоэффективных агрегатов оказало большее влияние на общие затраты, чем для высокоэффективных.

Таблица 3.8- Состав комплекса высокоэффективных агрегатов с предлагаемой заменой рабочих органов, **первый** вариант

Пахота 2-й агрофон	Дискование 2-й агрофон	Культивация
<p>T4A + 4 (или 5, 6.2-6.5)</p> 	<p>T-150+11</p> 	<p>К-701 + комбинированное орудие 9 (10)</p> 

Таблица 3.9- Состав комплекса высокоэффективных агрегатов с предлагаемой заменой рабочих органов, **второй** вариант

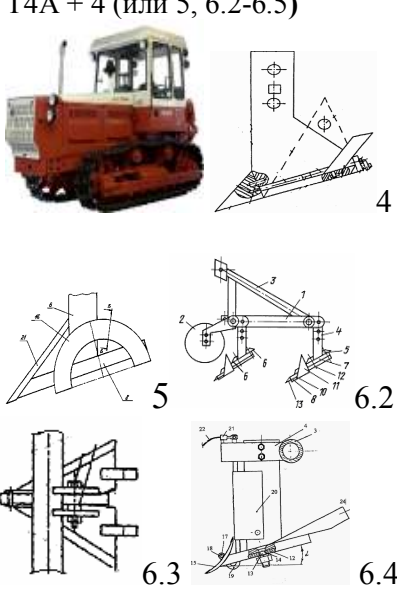
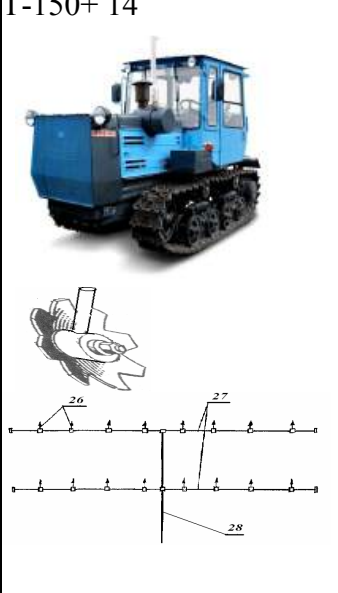

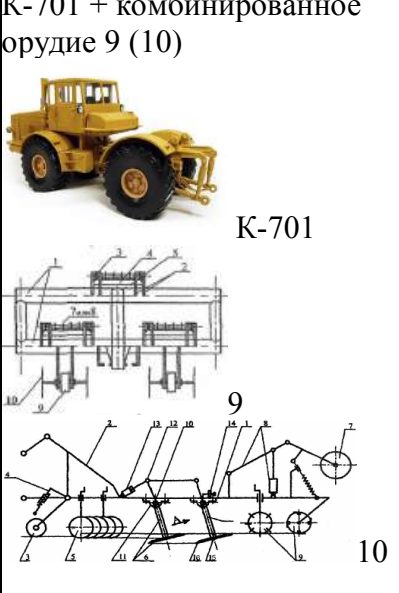
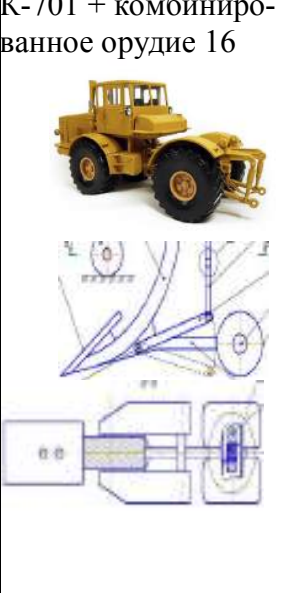
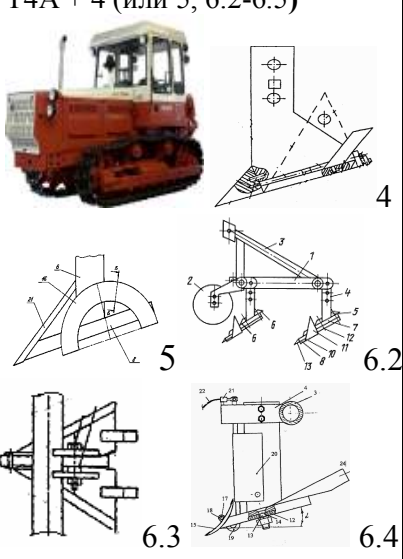
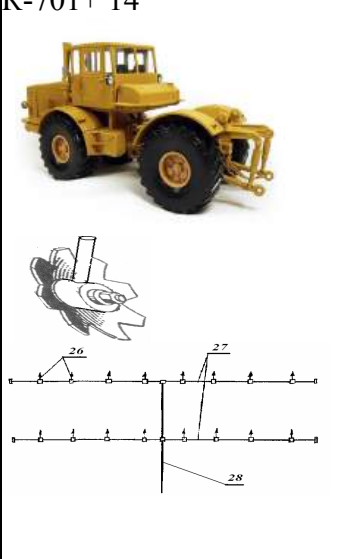

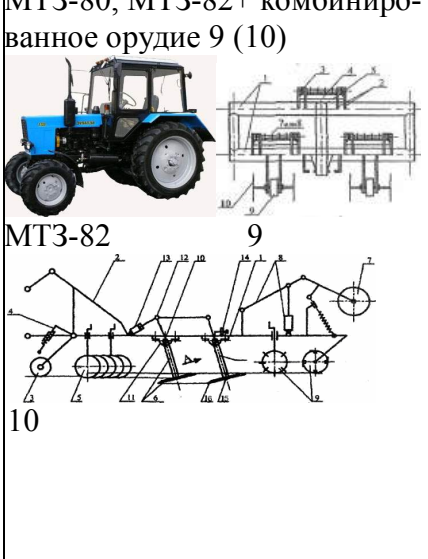
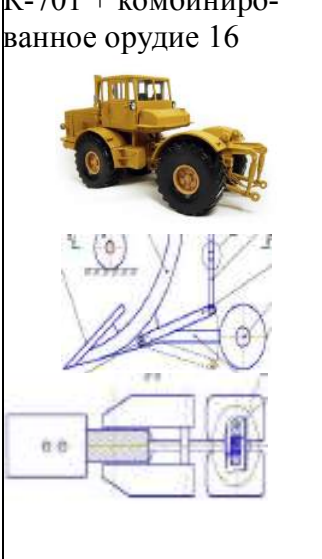
Пахота 2-й агрофон	Боронование 1 проход (норма)	Дискование 2-й агрофон	Культивация	Сохранение влаги
<p>T4A + 4 (или 5, 6.2-6.5)</p> 	<p>T-150+ 14</p> 	<p>T-150+11</p> 	<p>К-701 + комбинированное орудие 9 (10)</p> 	<p>К-701 + комбинированное орудие 16</p> 

Таблица 3.10- Состав комплекса низкоэффективных агрегатов с предлагаемой заменой рабочих органов, **первый вариант**

Пахота 2-й агрофон	Дискование 2-й агрофон	Культивация
<p>K701+ 4 (или 5, 6.2-6.5)</p>  <p>T4A 4 5 6.2 6.3 6.4 6.5</p>	<p>MTЗ-1221 + 11</p> 	<p>MTЗ-80, MTЗ-82+ комбинированное орудие 9</p>  <p>MTЗ-82 9 10</p>

Таблица 3.11- Состав комплекса низкоэффективных агрегатов с предлагаемой заменой рабочих органов, **второй вариант**

Пахота 2-й агрофон	Боронование 1 проход (норма)	Дискование 2-й агрофон	Культивация	Сохранение влаги
<p>T4A + 4 (или 5, 6.2-6.5)</p>  <p>4 5 6.2 6.3 6.4</p>	<p>K-701+ 14</p>  <p>2.6 2.7 2.8</p>	<p>MTЗ-1221 +11</p> 	<p>MTЗ-80, MTЗ-82+ комбинированное орудие 9 (10)</p>  <p>MTЗ-82 9 10</p>	<p>K-701 + комбинированное орудие 16</p>  <p>16</p>

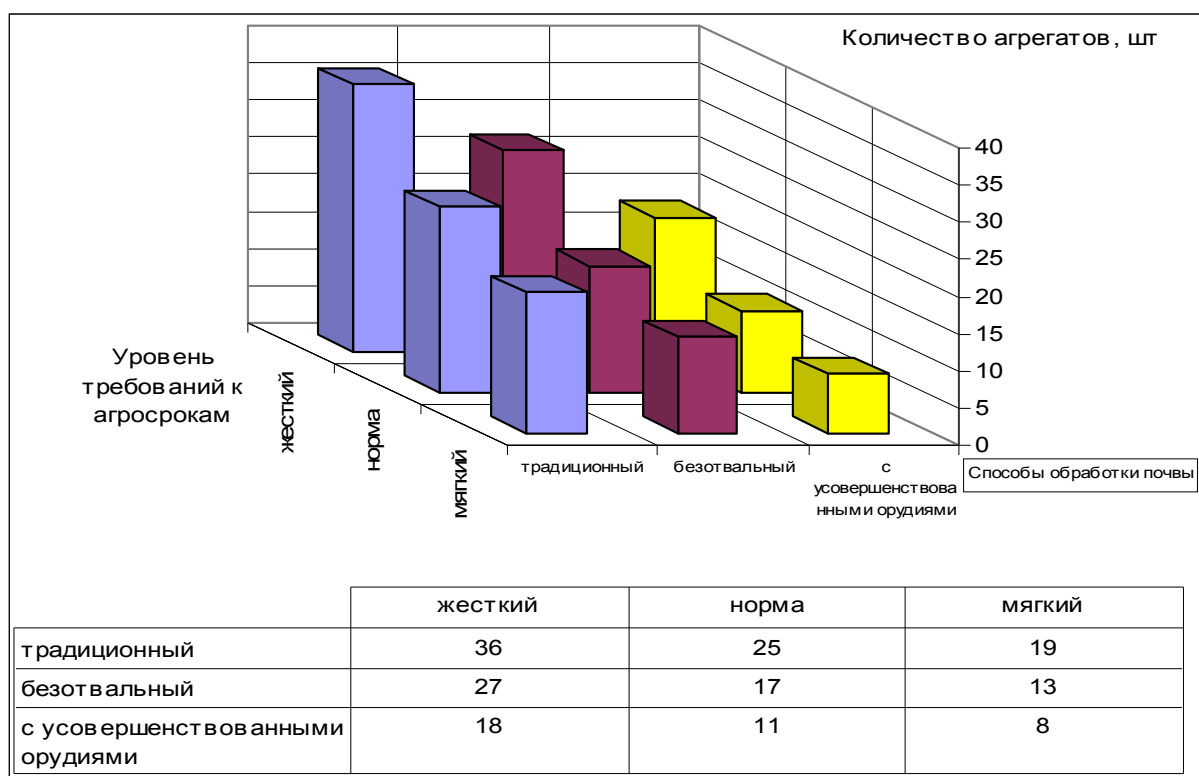


Рисунок 3.4- Диаграмма зависимостей количества агрегатов от способа обработки почвы и уровня требований к агросрокам, для высокоэффективных агрегатов.

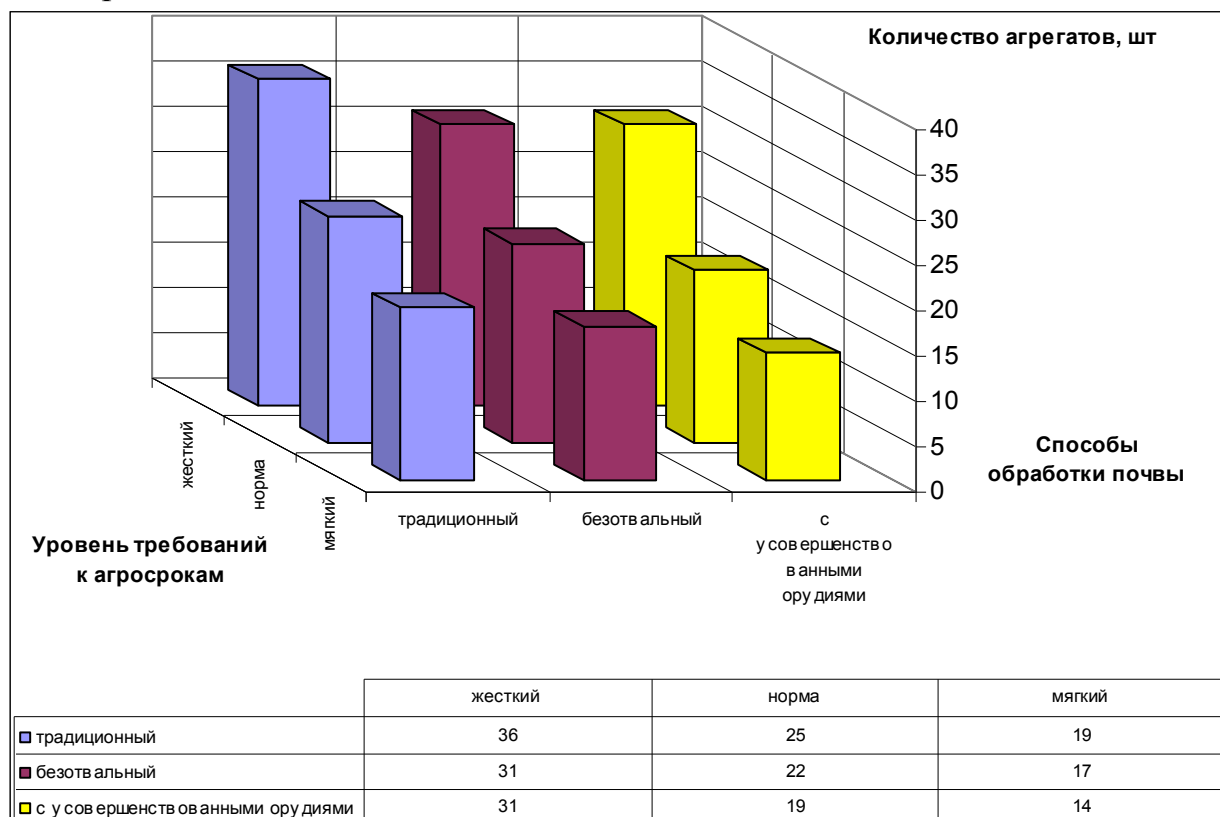


Рисунок 3.5- Диаграмма зависимостей количества агрегатов от способа обработки почвы и уровня требований к агросрокам для низкоэффективных агрегатов.

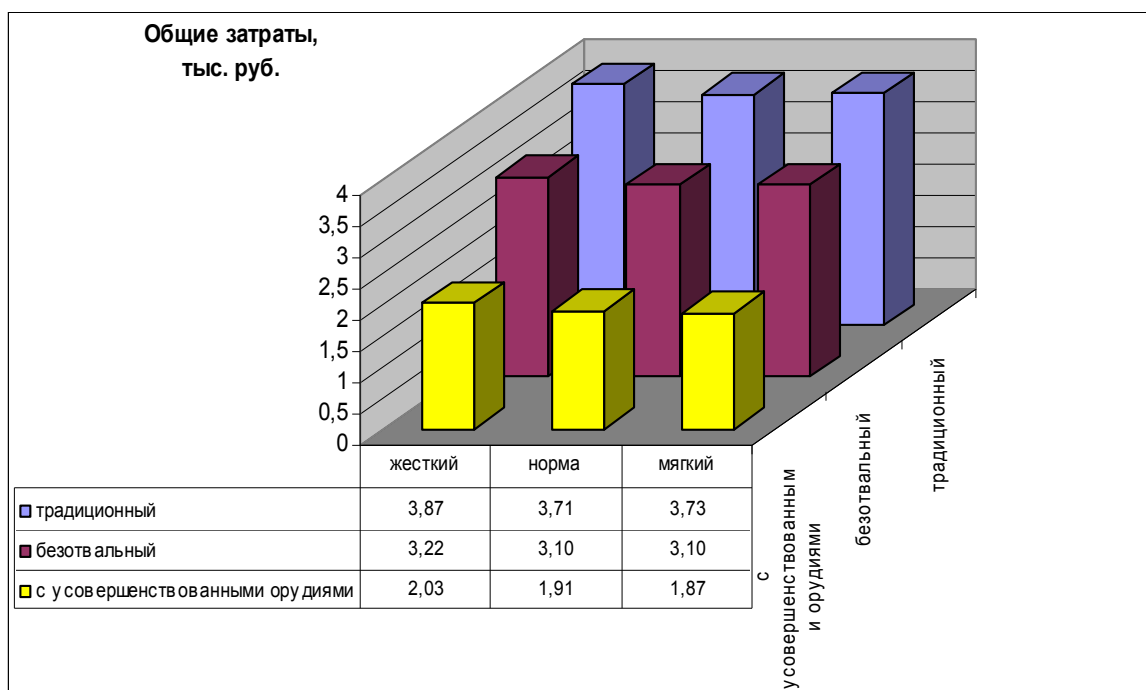


Рисунок 3.6- Диаграмма зависимостей общих затрат от способа обработки почвы и уровня требований к агросрокам для высокоэффективных агрегатов.

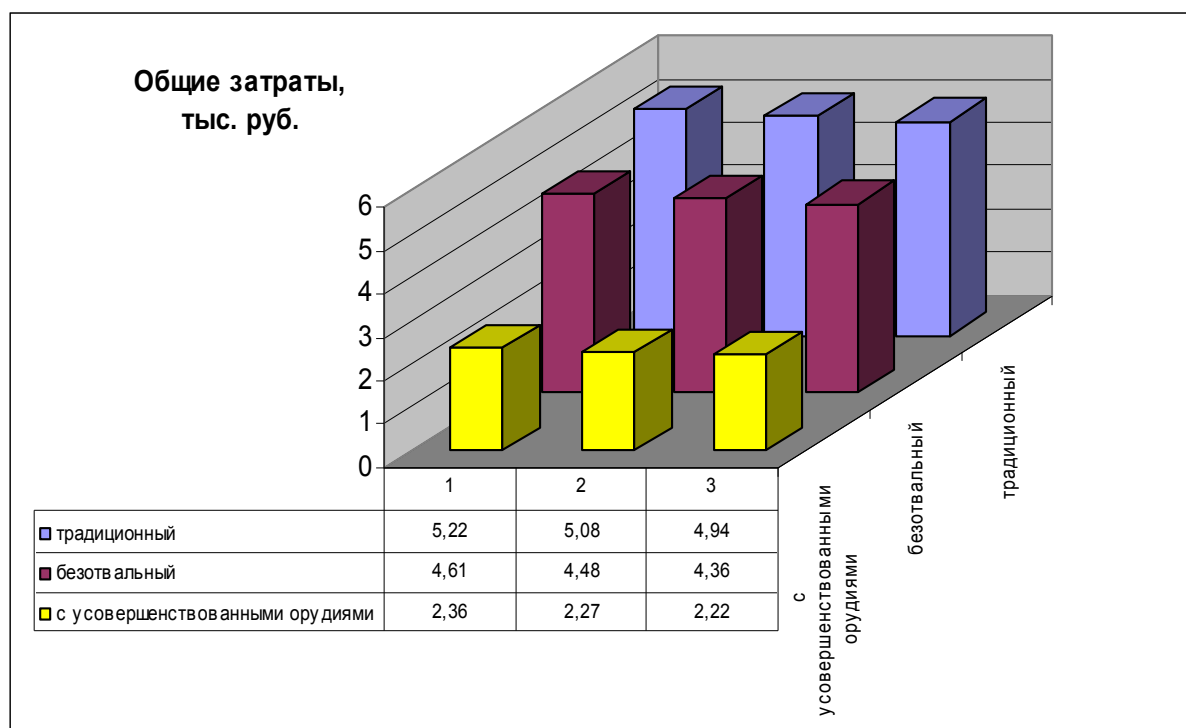


Рисунок 3.7- Диаграмма зависимостей общих затрат от способа обработки почвы и уровня требований к агросрокам для низкоэффективных агрегатов.

Анализ графиков по затратам топлива (рисунки 3.8-3.9) показывает, что переход на безотвальную технологию как для высокоэффективных агрегатов так и низкоэффективных, приведет к экономии этого ресурса на 45%, а внедрение новых орудий снизит потребление топлива на 61-64%.

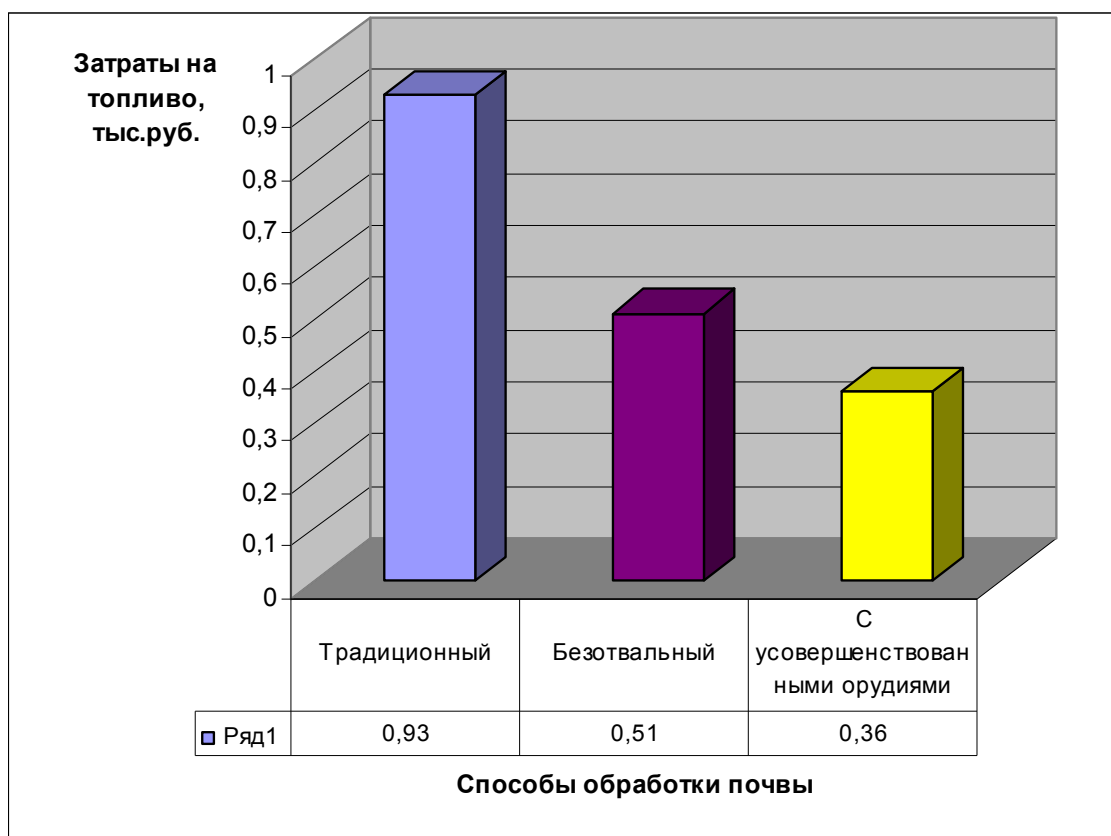


Рисунок 3.8- Диаграмма зависимостей затрат на топливо от способа обработки почвы для высокоэффективных агрегатов.

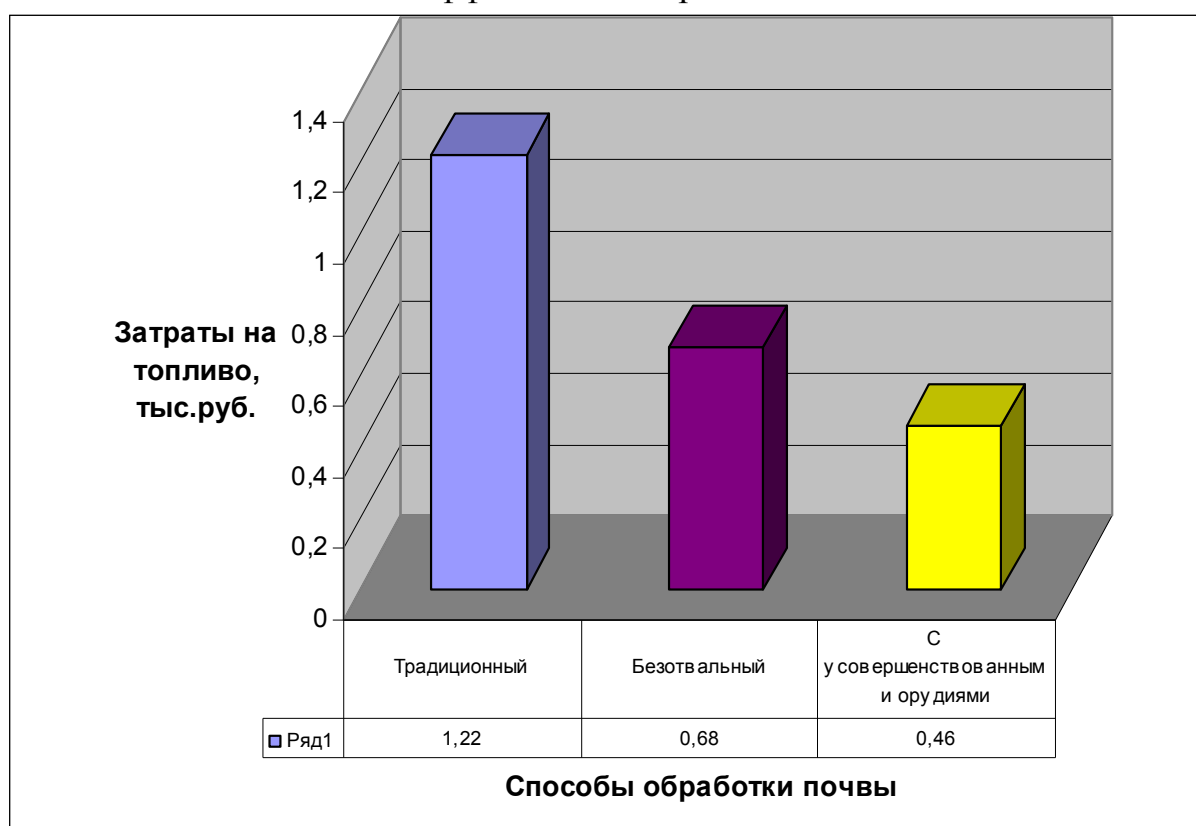


Рисунок 3.9- Диаграмма зависимостей затрат на топливо от способа обработки почвы для низкоэффективных агрегатов.

3.2 Операции внесения и заделки удобрений

Азотные удобрения вносятся в количестве от 5 до 10 кг действующего вещества на каждую тонну соломы. Предварительно азотные удобрения измельчаются в АИР-20, загружаются в транспорт-перегрузчик (при расстоянии переездов до 3 км применяют прямоточную технологию). Допустимая неравномерность рассева азотных удобрений 20 %. Разрыв между рассевом и заделкой не более 12 часов. Соответственно, отклонение заданной нормы внесения от стандартного должно быть – не более 10 %, допустимые размеры гранул – не более 5 мм, влажность – не более 20 %.

Жидкие минеральные удобрения вносятся дождевальными установками различного типа. Сроки внесения – день/поле.

Сразу после внесения азота производят лущение боронами БД-10Б (БДТ-7А и др.) на глубину 0,10–0,12 м и со скоростью не более одного дня на поле, при этом дискование производится поперёк валков.

Недостатками машин для внесения являются то, что в производственных условиях скорость движения агрегатов, рабочая ширина захвата и объемная масса материала отличаются от табличных величин заводских руководств. Недостатком процессов являются высокие затраты энергии (норма расхода топлива 1,7 кг/га на внесение) и сжатые агросроки (5 календарных дней) на внесение и заделку азота (норма расхода топлива 7,4 кг/га). Недостатком процесса заделки также являются высокие затраты энергии из-за применения в основном отвальной вспашки (норма расхода топлива 17 кг/га) и большого количества проходов (до 17) на разбивание почвенных агрегатов, увеличивающих в десятки раз расход топлива, сжатые агросроки на внесение и заделку азота и неравномерность внесения, отравление почвы из-за передозировки.

Для транспортировки и поверхностного внесения твёрдых органических удобрений (ТОУ) по существующей однофазной технологии [64] применяются агрегаты МТЗ 80/82+РОУ-6 (МТО-3, МТО-6); К-701+МТО-12; Т-150К+ПРТ-10; К-701+ПРТ-16.

Путь опорожнения разбрасывателя (L_m , м) определяется по формуле:

$$L_m = \frac{Q_p \cdot 10^4}{B_p \cdot H_3}, \quad (3.14)$$

где Q_p – грузоподъемность разбрасывателя, т; B_p – ширина разбрасывателя, м; H_3 – заданная норма внесения ТОУ, $H_3=50-60$ т/га.

Расстояние между рядами буртов (L_δ , м) определяется по формуле:

$$L_\delta = \frac{Q_\delta \cdot B_p}{Q_p}, \quad (3.15)$$

где $Q_\delta=60-80$ т – масса бурта; $Q_p=3-4$ т – грузоподъемность разбрасывателя.

По двухфазной технологии предусматривается вывозка удобрений автосамосвалами или самосвальными прицепами, укладка их в кучи в

определенном порядке, а затем распределение удобрений из куч по поверхности валкователями-разбрасывателями в виде агрегата ДТ-75М + РУН-15Б.

Удобрения из куч массой более 3 т распределяется на два прохода агрегата. Обычно при первом проходе вдоль куч разбрасывается первая половина удобрений, а затем вторая половина. Допустимая неравномерность распределения и отклонения от нормы внесения аналогичны однофазной.

При погрузке ТОУ применяется погрузчик-экскаватор марки ПЭ-0,8Б, погрузчик-бульдозер ПБ-35, погрузчик фронтальный ПФ-1,2, погрузчик фронтальный перекидной ПФП-2, погрузчик-экскаватор ПЭА-1,0. погрузчик ТЛ-3.

Разрыв между разбрасыванием и заделкой ТОУ не должен превышать двух часов, удобрения должны равномерно распределяться на поверхности (допустимая неравномерность распределения должна составлять 25 %, а отклонение от нормы не более 10 %).

К недостаткам внесения ТОУ относятся:

- большая норма внесения до 60 т/га, а отсюда высокие энергозатраты;
- незрелость подстилочного навоза как удобрения, в связи с чем, для дозревания нужна обязательная заделка под слой почвы;
- высокая обсемененность ТОУ семенами сорных растений;
- высокие капитальные затраты на средства механизации и хранилища.

Известные методы внесения жидких органических удобрений (ЖОУ) включают следующие процессы:

- приготовление ЖОУ в прифермских навозохранилищах;
- доставка ЖОУ трубопроводным транспортом в полевые навозохранилища, а от них к полевым гидрантам или доставка мобильного бункера компенсатора на край поля и его заправка ЖОУ крупнотоннажными транспортными средствами;
- внесение ЖОУ мобильными полевыми машинами-удобрителями причём, машины грузоподъемностью до 6 т должны обеспечить дозу внесения 10–40 т/га, а грузоподъемностью 10–20 т соответственно 10–60 т/га, скорость внесения $V_{р.ж.}$ до 10 км/ч и ширина захвата $B_{р.ж.}$ 6–10 м.

Для обеспечения внесения ЖОУ мобильными полевыми машинами-удобрителями согласно первичным требованиям (агротребованиям) на длине (l) рабочего хода агрегата дозирующее устройство должно удовлетворять условию:

$$\left[(D_{mi}) - (D_{m3}) \right] \cdot 100\% \leq D_{m3} \cdot \lambda_{\circ}, \quad (3.16)$$

где D_{mi} – текущая объемная подача, м/с; D_{m3} – заданная объемная подача, м/с; λ_{\circ} - допуск на отклонение дозы, %.

При внесении ЖОУ по прямоточной схеме и расстоянии 3–5 км, наиболее эффективны транспортные средства грузоподъемностью 16–24 т, работающие с пахотным агрегатом Т-150+ПЛН-6-55+АПВ-11.

Известна также и следующая технология внесения жидкого навоза: навоз закачивается в цистерны-разбрасыватели, которые транспортируются на по-

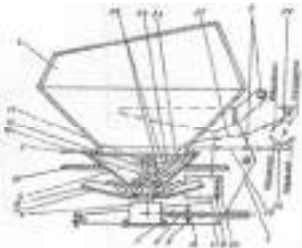
ля; навоз вносится внутрипочвенно на глубину до 0,18 м, с применением специальных машин, либо распределяется на разбросанную, в момент уборки колосовых зерновых, по полю измельчённую солому, затем, заделывается в почву тяжёлыми дисковыми орудиями с последующей заправкой, норма внесения жидкого навоза 200–300 т/га. Недостатками технологии являются: высокие затраты энергии; наличие в почве избыточного количества азота в виде нитратов и нитридов, что очень опасно для окружающей среды.

Внесение органических удобрений в зависимости от удаленности от поля осуществляется в основном по трем схемам [8, 58, 64]:

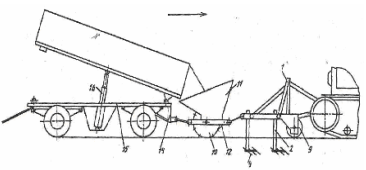
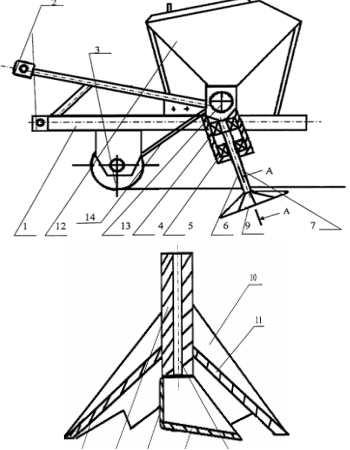
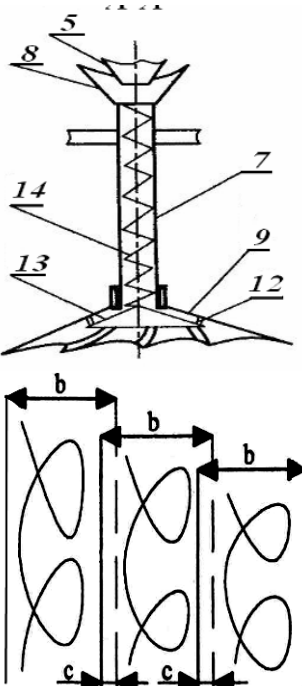
- прямоточной, включающей хранилище – разбрасыватель – поле – плуг;
- перевалочной, имеющей хранилище – транспортное средство – бурты твёрдых органических удобрений (ТОУ) или компенсаторные емкости для жидких органических удобрений (ЖОУ) – разбрасыватель – поле – плуг;
- перегрузочной, содержащей хранилище – транспортное средство – разбрасыватель – поле – плуг.

Вносят удобрения обычно под основную обработку почвы – зябь. Сразу после внесения удобрений производят лущение стерни дисковыми боронами. Глубина дискования – 10–12 см. Это операция должна выполняться быстро не более 1 дня на каждом поле. Затем производят вспашку, причем, если это полупар, то вспашку производят на глубину 20–22 см комбинированными пахотными агрегатами в сроки не позднее 1-го августа. Если зябь – то на глубину 30 см. Сроки вспашки под зябь – октябрь месяц. Получение планируемого урожая согласно базовой технологии процесса внесения удобрений зависит от дозы (количества, т или кг), производительности (га/ч), удельных затрат моторного топлива на внесение, дополнительные обработки почвы, погрузку и перевозку (кг/га), неравномерности внесения (%), эрозионных потерь (кг/га). В таблице 3.8 приведены технические характеристики, схемы новых конструктивно-технологических средств для внесения удобрений и показатели качества.

Таблица 3.8 – Технические характеристики новых конструктивно-технологических средств для внесения удобрений и показатели качества

Технические характеристики	Рабочие органы, общий вид машины	Показатели качества
1	2	3
1. Однодисковый разбрасыватель с управляемым дозированием (СНЦ-500): Агр. тр. – кл 0,9; $V_{\text{разброса}} – 16 \text{ м};$ -П – 19,2 га/ч; -Норма высева: 40-1000 кг/га		-Внесение гранулированных МУ; -Неравномерность разброса – 2-3 %; -Расход топлива – 0,9 кг/га

продолжение таблицы 3.2

1	2	3
<p>2 Агрегат для внесения ОУ при безотвальной обработке почвы:</p> <p>-Агр. с тр. – кл. 2 -Доза внесения – 2-4 т/га -V_M – 2,2 м -V_p – 9 км/ч; -a – 15 см -П – 1,98 га/ч -Грузоподъемность – 4-6 т</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Внесение рассыпных ОУ с влажностью 50%; -Рыхление; -Мульчирование; -Дробление комков, прикатывание, создание губчатой пленки; -Повышение гумуса, сохранение плодородия; -Снижение тягового сопротивления; -Расход топлива – 11,6 кг/га;
<p>3. Устройство для внесения рассыпных МУ спец лапой с заделкой и дозированием катуш. выс. аппаратом:</p> <p>-Агр. с тр. – кл. 3; -V_M – 3 м; -V_p – 12 км/ч; -Доза внесения – 50-350 кг/га; -Емк. бунк.-1200 дм³;</p>		<ul style="list-style-type: none"> -Полосное внесение МУ; -Расход топлива 20,1 кг/ч или 2,1 кг/га; -Подрезает сорняки, обеспечивает ложе для семян и заделку, сохраняет влагу;
<p>4. Устройство для внесения рассыпных МУ лапой со шнеком:</p> <p>-Агр. с тр. – кл. 3; -V_M – 3 м; -V_p – 12 км/ч; -Доза внесения – 50-350 кг/га; -Емкость бункера – 1200 дм³;</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Внесение и заделка рассыпных МУ по циклоиде трохоиде; -Расход топлива 20,1 кг/ч или 2,1 кг/га; -Подрезает сорняки, обеспечивает ложе для семян и заделку, сохраняет влагу; - циклоида-трохоида описывается параметрическими уравнениями: $x = r \cdot t - h \cdot \sin(t)$ $y = r - h \cdot \cos(t)$

продолжение таблицы 3.2

1	2	3
<p>5. Устройство для внесения МУ и полужидких ОУ шнеком полосой с заделкой и дозированием заслонкой:</p> <p>-Агр. с тр. – кл. 2; -V_m – 2,2 м; -V_p – 6 км/ч; -a – 15 см; -Вместимость бака – 1800 л; -Π – 1,32 га/ч;</p>		<p>-Внесение МУ и полужидких ОУ шнеком полосой с заделкой и дозированием заслонкой; -Обеспечивает внесение полужидких ОУ равномерным слоем под поверхностный слой почвы; -Расход топлива – 17,4 кг/га;</p>
<p>6. Посевной агрегат:</p> <p>-V_m – 6 м; -a – 2-8 см; -Π – 7,2 га/ч; -V_p – 12 км/ч; -V_d – 500 мм; -Кол. лап – 12; -$m_{безМУ}$ – 2000 кг; -Емкость бункера – 1200 дм³;</p>		<p>- Внесение гранулированных МУ одновременным предпосевным рыхлением почвы плоскорезными лапами; -Междурядье – 12,5 см; -Норма высева – до 40-50 кг/га; -Расход топлива 23кг/ч или 3,2 кг/га; -Подрезает сорняки, обеспечивает заделку на ровное плотное ложе, сохраняет влагу;</p>

С целью снижения затрат энергии, а также с целью сохранения плодородия нами усовершенствованы и разработаны для внесения минеральных гранулированных и органических удобрений следующие устройства и решения.

1. «Сеялка навесная центробежная (СНЦ-500)» (Рисовая разбрасывающая сеялка) [235], основное назначение которой – это внесение минеральных удобрений на измельчённую солому, но которую также используют для центробежного разбрасывания семян риса. При сходе частиц с наружного торца лопатки образуется веер рассева. Для повышения равномерности распределения удобрений заслонка сделана двойной. При этом одна часть связана с ручным рычагом управления, а вторая с педалью акселератора трактора, (на схеме не показаны). Благодаря чему доза внесения корректируется скоростью передвижения энергетического средства, и снижается с 595 кг до 500 кг.

Дисковые рассеивающие аппараты центробежного типа с вертикальной осью вращения применяют большинство фирм мира [95]. Для определения расхода топлива находят потребную мощность машины (кВт):

$$N_m = P_f \cdot V + N_{\text{вoм}}, \quad (3.17)$$

где P_f - тяговое сопротивление машины (кН); V – скорость движения агрегата (м/с); $N_{\text{вoм}}$ – мощность на привод рабочих органов через ВОМ (Вт). Для разбрасывателей минеральных удобрений $N_{\text{вoм}} = 6\text{--}12$ кВт.

Тяговое сопротивление машины (кН) определяется по формуле:

$$P_f = (G_{\text{тр}} + G_m + G_{\text{гр}}) f_m, \quad (3.18)$$

где $G_{\text{тр}}$ – вес трактора, кН ($G_{\text{МТЗ-80}} = 31,5$ кН); G_m – вес машины, кН ($G_{\text{снц-500}} = 1,1$ кН); $G_{\text{гр}}$ – вес груза, кН ($G_{\text{снц-500}} = 5,3$ кН); f_m – коэффициент сопротивления качению трактора ($f_m = 0,07$).

Согласно расчетам получили $P_f = 2,653$ кВт, а $N_m = 16,3$ кВт.

Значение силы тяги трактора ($P_{\text{кр}}$) при условии рациональной загрузки двигателя определяется как:

$$P_{\text{кр}} = P_K - k_{Np} N_m - P_f, \quad (3.19)$$

где P_K – касательная сила тяги ($P_K = 10,4$ кН); k_{Np} – коэффициент пропорциональности ($k_{Np} = 0,198$);

После подстановки данных значение силы тяги трактора $P_{\text{кр}} = 4,5$ кН.

Сила тяги трактора, значение, которое допустимо по смещению с почвой $P_{\text{крμ}} = 12,1$ кН. Если $P_{\text{крμ}} > P_{\text{кр}}$, то сила тяги трактора $P_{\text{кр}}$ ограничена допустимой нагрузкой $P_{\text{крμ}}$ двигателя и

$$P_{\text{крμ}} = P_{\text{кр}}. \quad (3.20)$$

Оптимальный коэффициент полезного действия определим как

$$\eta_{\text{опт}} = \frac{5,6}{8,2} = 0,68 < [0,93].$$

В этом случае потенциальные возможности трактора могут быть реализованы для тяговой работы трактора, а расход топлива в смену составляет

$$Q_{\text{топл}} = N_m \cdot T_{\text{см}} \cdot q_m, \quad (3.21)$$

где $T_{\text{см}}$ – сменное время работы, ч ($T_{\text{см}} = 7$ ч); q_m – удельный расход топлива, г/кВт·ч ($q = 234$ г/кВт·ч).

Таким образом, согласно расчётам расход топлива в смену составит – $Q_{\text{топл}} = 26,7$ (кг).

Преимущества данного конструктивно-технологического средства – это энергоэффективность и конструктивная простота, а также эксплуатационная надёжность, что приводит к значению коэффициента $k_6 = 0,85$. Недостатками являются неравномерность разбрасывания удобрений, наличие зоны перекрытия и отсутствие их заделки (возможность смыва).

2. «Способ безотвальной обработки почвы и устройство для его осуществления» [202], разработан нами в КубГАУ с целью снижения энергозатрат при обеспечении сохранения плодородия и снижения экологического ущерба (предупреждения деградации), а также для утилизации органических отходов в виде сыпучего продукта полученного после ферментации компоста из навоза и подстилки. Он обеспечит повышение экологической безопасности и повышение плодородия за счет снижения водной и ветровой эрозии, эффек-

тивного использования удобрений и снижения затрат энергии, труда и времени на внесение удобрений, а также влагосбережение.

Сущность способа заключается в безотвальном рыхлении, послойном внесении органических и минеральных удобрений, а также в прикатывании. При этом рыхление производят на глубину, оптимальную для данного растения на данном типе почв с получением комковатой структуры размером до 10 см, с оставлением стерни и пожнивных остатков на поверхности почвы, на которую сплошным слоем вносят органические удобрения в количестве 4–5 т/га, с последующим уплотнением их прикатыванием. Причем рыхление, внесение органических удобрений и их прикатывание осуществляют одновременно за один проход преимущественно, осенью под зябь, а внесение минеральных удобрений производят перед севом или во время сева, или сразу после уборки на измельчённую солому. Причем в качестве органических удобрений используют сыпучий сухой навоз влажностью 50–55 %, переработанный термофильными бактериями по технологии "Фермвей".

Устройство для осуществления способа обеспечивает одновременное выполнение операций рыхления почвы безотвальными орудиями до комковатой структуры (до 10 см) на глубину, необходимую для определенной культуры, в получении на поверхности почвы прикатанного и связанного с верхним слоем почвы мульчирующего слоя из стерни, пожнивных остатков, вынесенных на поверхность корневищ растений и органического удобрения типа "Фермвей" в количестве 4–5 т/га.

Рабочий процесс способа безотвальной обработки почвы с внесением удобрений осуществляется следующим образом. На фермах получают и хранят открыто в буртах органические удобрения типа «Фермвей». Доза внесения ОУ «Фермвей» 4–5 т/га вместо 12–15 т/га обычного полуперепревшего навоза служит основой для образования гумуса в количестве 650–750 кг/га. Из буртов «Фермвей» грузится грейферными погрузчиками в транспортные средства, которыми транспортируется на поле, где производится безотвальными чизельными орудиями под зябь сплошная основная обработка почвы. Безотвальной обработкой должно обеспечиваться получение комковатой структуры размером до 10 см, оставление стерни и пожнивных остатков на поверхности поля и вынос к поверхности корневищ растений. Глубина обработки зависит от выращиваемой культуры, в зависимости от которой обработку производят одноярусными рабочими органами для зерновых колосовых или двухъярусными – для пропашных культур (кукуруза, свекла и др.). Одновременно с рыхлением на поверхность обработанной почвы вносится слой продукта «Фермвей». Это делается для получения мульчирующего слоя из стерни, пожнивных остатков, корней и «Фермвея». Оптимальная глубина рыхления данного чизельного рыхлителя равна 8–20 см, она регулируется подъемом или опусканием опорных колес или стоек.

Для увеличения глубины рыхления от 30 до 35 см, необходимой при выращивании пропашных культур, применяется чизельный рыхлитель с двухъярусным расположением чизельных лап (например, разработанный нами и защищённый патентом RU №2189127 «Плуг навесной» [196]). К рыхлителю

подсоединен прицепной водоналивной каток с установленным на раме бункером, оборудованный регулирующей заслонкой. К раме катка присоединяются задней частью при помощи установленной ниже серьги самосвальные тележки с гидроподъемниками и откидывающимися бортами, служащие для транспортирования органических удобрений. Самосвальные тележки типа 2ПТС-4М или 2ПТС-6. Ширина захвата рыхлителя и тележки одинакова. На краю поля тележка задней частью посредством серьги подсоединяется к катку. Данный прием снизит затраты энергии, труда, времени, водную и ветровую эрозию и повысит плодородие почвы.

Кроме продукта «Фермвей» данным способом можно вносить, разработанные в Твери, в Москве в Киеве, в Ростове-на-Дону, компосты многоцелевого назначения, органоминеральные гумусосодержащие удобрения с добавлением бурого угля и ряда микроэлементов, комплексные органоминеральные удобрения на основе агримуса (доза внесения 0,2–3 т/га) [9] при их наличии в хозяйствах. При проведении операции рыхления коэффициент влияющий на этот процесс равен тому же значению как и в случае безотвальной обработке и улучшение плодородия почвы $k_6=0,85$.

3. «Устройство для внесения минерального удобрения при сплошной обработке почвы» [212] с полосным внесением и заделкой минеральных удобрений. Оно повышает равномерность распределения и предназначено для внесения минеральных удобрений с целью снижения количества удобрений за счёт повышения равномерности распределения и их заделки.

4. «Устройство для внесения минеральных удобрений при сплошной обработке почвы» [211], которое распределяет гранулы по циклоиде-трохоиде, и при этом нет зоны перекрытия, а также производит заделку. С его помощью повышается равномерность внесения, эффективность применения и снижается норма внесения. Установка рабочих органов в шахматном порядке обеспечивает перекрытие полос обработки почвы, где b – ширина захвата обрабатываемой полосы, c – ширина перекрытия.

5. «Устройство для обработки почвы и внесения удобрений (варианты)» [215] с распределением удобрений через трубчатый распределитель под дисковой с заточкой лапой, причём как гранул минеральных удобрений, так и органических удобрений их навоза полужидкой консистенции, благодаря оснащению шнека-дозатора электро или гидроприводом.

6. «Посевной агрегат» [198], обеспечит также строчное внесение минеральных удобрений с одновременной заделкой.

3.3 Выводы по третьей главе

1. Обоснованы и разработаны энергосберегающие конструктивно-технологические решения, имеющие техническую новизну, отражённую в авторских свидетельствах СССР на изобретения, свидетельствах на полезные модели, патентах РФ:

–для механизированных приёмов (процессов) безотвальной обработки почвы: патенты РФ №№ 2214076, 2267893, 2144749, 2298302, 2349063, свидетельство на п. м. №10041, патенты РФ №№ 2202159, 2259028, 2244387, 2298303, 2404560, 2189127, 2299537, 2316921, 2343657, 2407257, 2449520, патенты РФ №№ 2177213, 2384985, 2457645, патент РФ № 2297127;

–для процессов внесения и заделки, гранулированных минеральных и органических из навоза удобрений – полезная модель свидетельство РФ №10507 и патенты РФ №№ 2267893, 2327322, 2338360, 2370929, 2297127;

2. Предложены аналитические выражения для расчётов энергосберегающих параметров процессов, разработаны новые аналитические выражения для расчёта тяговых сил средств почвообработки со стрелчатыми лапами, с составными лапами, с прямоугольными лапами, с двухъярусными лапами, со складывающимися лапами, для стойки с долотом и снятыми лапами.

3. Предложено два варианта безотвальной обработки почвы на основе комплексов агрегатов разной эффективности: с заменой орудий на вновь разработанные, позволяющие уменьшить не только тяговые сопротивления, но и совмещать несколько технологических операций; с дополнительной технологической операцией для тяжелых и засушливых почв.

4. Анализ экономической оценки второго варианта комплекса машин показывает, что общие затраты равны затратам при традиционном способе возделывания почвы, но при получении дополнительной прибыли от 10%-й прибавки урожая, за счет сохранения влаги, большая часть затрат окупается за один год.

5. Сравнение традиционной технологии обработки почвы с первым предлагаемым вариантом комплекса машин привело к заключению, что для высокоэффективных комплексов машин безотвальная технология позволяет сократить оптимальное количество агрегатов на 25-32% (в зависимости от уровня требований к агросрокам), а также уменьшить общие затраты на 27%. В тоже время внедрение новых почвообрабатывающих машин, за счет пониженных сопротивлений и совмещения технологических операций, позволит сократить количество работающих агрегатов на 50-58% и уменьшить общие затраты на 48-50%.

6. Сравнение традиционной технологии обработки почвы для низкоэффективных машин показал, что безотвальная технология приводит к сокращению агрегатов на 11-14% , общих затрат – на 12%; а новый комплекс машин сократит количество работающих агрегатов 14-27% и общих затрат – на 55%.

7. Анализ затрат на топливо показал, что переход на безотвальную технологию как для высокоэффективных агрегатов так и низкоэффективных, приведет к экономии этого ресурса на 45%, а внедрение новых орудий снизит потребление топлива на 61-64%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проанализированы известные технологические приёмы основной обработки почвы, внесения удобрений, определены их параметры и показатели качества при производстве зерновых колосовых культур, также определены наборы тяговых машин и рабочих органов для отдельных технологических операций.

2. С использованием логики предикатов и кванторной алгебры определены предметные переменные и их области существования для логического программирования по сплошной обработке почвы. Выделено три многоместных предиката и после квантификации получены логические уравнения, позволяющие определить направления исследований.

3. Получена общая целевая функция по почвообработке для оптимизации количества работающих агрегатов и получению минимума затрат на топливо и компенсацию ущербов из-за срыва агросроков и от уплотнения почвы после движения агрегатов по полю. На основе общей целевой функции по почвообработке разработаны частные – для отдельных технологических операций: пахота, боронование, сплошная культивация, дискование, прикатывание.

4. Разработан полный алгоритм вероятностной имитационной модели целевой функции по определению состава пахотного агрегата и его технологических параметров. Реализацию моделирования по методу Монте-Карло предложено проводить с использованием специальной надстройки в Excel. Выполнялась проверка адекватности результатов моделирования данным статистических наблюдений, относительная ошибка моделирования не превысила 5%.

5. В результате имитационного моделирования по пахоте сформированы 4 группы эффективности агрегатов и получена информация по оптимальному значению количества агрегатов при различных нормативных агросроках и соответствующих ущербах, а также сроках превышающих данные нормативы. На пахоте произведена оценка эффективности замены почвообрабатывающего орудия на одном тракторе, что позволило заключить следующее: для трактора К-700 наиболее эффективным является орудие типа ПП7-40 и при работе с ним затраты в среднем на 22% ниже по сравнению с ПТК9-35 и на 32% с ПП8-35; для Т-150К замена рабочего органа типа ПЛН6-35 не оказывает существенного влияния на эффективность- на 3% по сравнению с ПЛН5-35 и ПН4-40, на 9% по сравнению с ПЛН4-35; на тракторах Т4-А и ДТ-75М замена орудий ПН6-35 на ПН4-35 приводит к снижению затрат на 16%. Таким образом, вид орудия оказывает влияние на эффективность работы агрегата, но не для всех типов тракторов. Рассчитана также эффективность агрегатов при смене типа трактора при работе с одним и тем же почвообрабатывающим орудием и результаты показывают низкую зависимость эффективности от замены тягового агрегата – в пределах 10%.

6. Моделирование работы агрегатов при бороновании показало: изменение типа борон мало влияет на эффективность агрегатов, большее влияние

оказывает количество проходов; оптимальное количество агрегатов колеблется в небольших пределах и для всех агрегатов составляет 2-3 шт.; все агрегаты условно разбиты на 5 групп эффективности - в зависимости от затрат на топливо и компенсацию общего ущерба. Анализ данных боронования говорит о том, что наибольшее влияние на ущерб от срыва агросроков оказывает агрегат с трактором типа МТЗ-80, а наименьшее – К-701 (из-за разной производительности).

7. После моделирования технологической операции – дискование все агрегаты распределены также на четыре группы эффективности на первом месте идут агрегаты с гусеничными тракторами Т-150, Т-4А с дискаторами БД-10, на последнем месте тракторы К-700, К-701 с тяжелыми дискаторами БДТ-7. Для агрегата К-701 +БД-10, при количестве нормативных смен равное 12 уже после трех работающих агрегатов ущерб становится равный нулю (дальнейшее увеличение не эффективно) а для агрегата Т-4А, Т-4М +БДТ-7 при том же количестве нормативных смен только после 6 агрегатов увеличение агрегатов не влияет на ущерб из-за срыва агросроков.

8. На основе анализа моделирования при культивации были сформированы 4 группы по эффективности и в 1-ю группу попали агрегаты К-700, К-701, которые ранее обычно были на последних местах. Это связано с тем, что данная технологическая операция теснее связана с агросроками, а эти агрегаты имеют высокую производительность, и это приводит к высокой эффективности, не смотря на более сильное воздействие на почву. Также проанализированы данные при культивации с боронованием и отмечено значительное влияние типа почвообрабатывающего орудия на эффективность агрегатов.

9. Произведены расчеты по эффективности смены почвообрабатывающих орудий, так например, для культивации и агрегатирования с трактором К-700 данные показали следующее: при 2- сменном нормативном сроке, работой от 1-5 шт., с орудием КШУ-18-1 общие затраты на топливо и компенсацию ущерба составят от 2597 до 832 руб./га; переход на КСП-4-4 приведет к увеличению данного вида расходов 23 – 17%; замена на КШУ-12 1, КСП-4-3 увеличит затраты на 56-33%; при 4-х сменном нормативном сроке затраты будут 2230-750 руб./га (от 1 до 4 агрегатов), замена на КСП-4-4 приводит к увеличению расходов на 27-4%, переход на КШУ-12 1, КСП-4-3 – 65-22%. Чем короче нормативный срок тем больше влияние вида почвообрабатывающего орудия на эффективность агрегата. Замена таких орудий как КСП-4-4 на КШУ-12-1, КСП-4-3 в среднем повышает эффективность на 30%. Установлено, что для орудия КСП-4-3 смена трактора К-700 на Т-150К не оказывает влияние на эффективность работы. Также небольшая разница (до 20%) между гусеничными тракторами Т-4А и ДТ-75М. По орудью КСП-4-2 нужно сказать, что только трактор ДТ-75М отличается никакой эффективностью – ниже на 41% по сравнению с Т-150К, а остальные – находятся, ориентировочно, на одном уровне.

10. После анализа данных моделирования по операции прикатывание произведено разделение агрегатов на три группы эффективности и установлено, что 2-ю и 3-ю группы эффективности занимают все агрегаты с тракторами Т-150К и МТЗ-122; для тракторов Т-150К и МТЗ-122 замена почвообрабатывающего орудия практически не влияет на эффективность по топливу и компенсацию ущербов; при достаточно большом количестве тракторов (более 5-6) по сравнению с другими технологическими операциями становятся более эффективными агрегаты ДТ-75М+ 3КВГ-1,4 ДТ-75М+ 3КВГ-1,4 и они переходят в первую группу из-за малого воздействия на почву.

11. Анализ сводных данных по всем технологическим операциям при традиционной системе обработки почвы подтвердить существование выдвинутые ранее следующие предикатных высказываний. Так первому квантифицированному предикату «существует такое почвообрабатывающее орудие или тяговая машина, которые приводят к минимальным общим затратам» соответствует тяговая машины трактор Т-4А.

12. После интегрирования всех агрегатов в общую традиционную технологию почвообработки и выборки их характеристик (количество агрегатов, общие затраты на топливо и компенсацию ущербов, в том числе затраты на топливо), дифференцировать в зависимости от требований к выполнению агросроков предложено их дифференцировать на три категорийных режима: жесткий (в зависимости от технологической операции 2 или 5 смен), норма (4 или 10 смен), мягкий (6 или 15 смен). Также в зависимости от агрофона или типа оборудования, то было сформированы два режима работы агрегатов: «тяжелый» – при работе на агрофонах, требующих низкую производительность с большими затраты топлива или отрабатывать тяжелыми двойными боронами и «облегченный»– на легких агрофонах и с обычными боронами.

13. Для тяжелого режима работы между высокоэффективной группой и низкоэффективной практически нет разницы в оптимальном количестве агрегатов, независимо от уровня требований к агросрокам (от «жесткого» до «мягкого»). Имеется существенное отличие по общим затратам между группами эффективности: высокоэффективная превышает низкоэффективную от 1,43 до 1,6 тыс. руб/га (на 33- 37%). Также высокоэффективная группа имеет меньшие затраты на топливо – от 0,38 до 0,71 тыс. руб/га (на 26-50%).

14. Для облегченного режима работы низкоэффективная группа для уровня «норма», имеет больше значение оптимального количества агрегатов: для жестких требований к агросрокам – на 14 шт., для нормальных – на 6 шт., для мягких – на 5 шт. В то же время, превышение общих затрат низкоэффективной группы по сравнению с высокоэффективной, находится в интервале от 1,3 до 1,4 тыс. руб./га (на 37-40%). Превышение уровня затрат на топливо для низкоэффективной группы составляет от 0,23 до 0,38 тыс.руб./га (на 29-45%). Следует заметить, что затраты на топливо, во всех случаях, находятся на уровне 30-35% от общих затрат на топливо и компенсацию ущербов от воздействия на почвы и из-за срыва агросроков.

15. При минимальной обработке почвы разница по общим затратам между группами эффективности составила: высокоэффективная превышает

низкоэффективную в тяжелом режиме работы в среднем на 1,5 тыс. руб./га (на 37%), в легком на 1 тыс. руб./га (на 26%). Также высокоэффективная группа имеет меньшие затраты на топливо, в среднем на 33%. По сравнению с обще принятой технологией при минимальной обработке и тяжелом режиме работы, общие затраты для высокоэффективной группы снизились на 1,6-2,1 тыс. руб./га (на 40-45%), для низкоэффективной группы – на 1,73-1,8 тыс. руб./га (на 31%); для облегченного режима работы: для высокоэффективной группы затраты снизились на 50%, а для низкоэффективной – на 23%. Затраты на топливо при минимальной обработке и тяжелом режиме работы в два раза ниже, а для облегченного режима меньше на 32%. Также сократилось общее оптимальное количество работающих агрегатов на 10-17%.

16. Обоснованы и разработаны энергосберегающие конструктивно-технологические решения, имеющие техническую новизну, отражённую в авторских свидетельствах СССР на изобретения, свидетельствах на полезные модели, патентах РФ:

– для механизированных приёмов (процессов) безотвальной обработки почвы: патенты РФ №№ 2214076, 2267893, 2144749, 2298302, 2349063, свидетельство на п. м. №10041, патенты РФ №№ 2202159, 2259028, 2244387, 2298303, 2404560, 2189127, 2299537, 2316921, 2343657, 2407257, 2449520, патенты РФ №№ 2177213, 2384985, 2457645, патент РФ № 2297127;

– для процессов внесения и заделки, гранулированных минеральных и органических из навоза удобрений – полезная модель свидетельство РФ №10507 и патенты РФ №№ 2267893, 2327322, 2338360, 2370929, 2297127.

17. Предложены аналитические выражения для расчётов энергосберегающих параметров и тяговых сил средств почвообработки со стрельчатыми лапами, с составными лапами, с прямоугольными лапами, с двухъярусными лапами, со складывающимися лапами, для стойки с долотом и снятыми лапами. Предложено два варианта безотвальной обработки почвы на основе комплексов агрегатов разной эффективности: с заменой орудий на вновь разработанные, позволяющие уменьшить не только тяговые сопротивления, но и совмещать несколько технологических операций; с дополнительной технологической операцией для тяжелых и засушливых почв.

18. Сравнение традиционной технологии обработки почвы с предлагаемым вариантом комплекса машин привело к заключению, что для высокоэффективных комплексов машин безотвальная технология позволяет сократить оптимальное количество агрегатов на 25-32% (в зависимости от уровня требований к агросрокам), а также уменьшить общие затраты на 27%. В тоже время внедрение новых почвообрабатывающих машин, за счет пониженных сопротивлений и совмещения технологических операций, позволит сократить количество работающих агрегатов на 50-58% и уменьшить общие затраты на 48-50%.

19. Сравнение традиционной технологии обработки почвы с минимальной обработкой почвы для низкоэффективных машин показал, что безотвальная технология приводит к сокращению агрегатов на 11-14%, общих затрат – на 12%; а новый комплекс машин сократит количество работающих агрегатов на 14-27% и общих затрат – на 55%. Анализ затрат на топливо показал, что

переход на безотвальную технологию как для высокоэффективных агрегатов так и низкоэффективных, приведет к экономии этого ресурса на 45%, а внедрение новых орудий снизит потребление топлива на 61-64%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абаев, В. В. Оптимизация машинно-технологического обеспечения ресурсосберегающих процессов уборки зерновых культур в регионах с широким диапазоном распределения урожайности (на примере Краснодарского края): автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В. В. Абаев; – Ростов-на-Дону, 2011. – 36.
2. Адлер, Ю. П. Введение в планирование эксперимента / Ю. П. Адлер. – М.: Металлургия, 1969. – 159 с.
3. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. - 2-е изд. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
4. Алан, Б., Прицкер, А. Введение в имитационное моделирование и язык СЛАМ 2. / Б. Алан, А. Прицкер / М., Издательство «Мир», 1987, 644 с.
5. Ангилев, О. Г. Разработка технологий и технических средств системной утилизации побочной продукции растениеводства: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / О. Г. Ангилев. – зерноград, 1995. . – 39 с.
6. Аронов, И. З. Оценка надёжности по результатам сокращённых испытаний / И. П. Аронов, Е. И. Бурдасов. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 184 с.
7. Асатурян, В. И. Теория планирования эксперимента / В. И. Асатурян: учеб. пособие. – М.: Радио и связь, 1983. – 248 с.: ил.
8. Баккуев, Э. С. Управление агроэкономическим развитием регионального хозяйственного комплекса: дис. д-ра эконом. наук / Э. С. Баккуев; – Ростов-на-Дону, 2013. – 55 с.
9. Белюченко, И. С. Агрорландшафтная экология / И. С. Белюченко; КубГАУ; НИИ приклад. экологии. – Краснодар, 1996. – 232 с.
10. Богданович, В. П. Механико-технологическое обоснование ресурсосберегающего функционирования мобильных сельскохозяйственных агрегатов: дис. д-ра техн. наук / В. П. Богданович; ВНИПТИМЭСХ – зерноград, 2007. – 346 с.
11. Бондаренко, А. М. Механико-технологические основы процессов производства и использования высококачественных органических удобрений: монография / А. М. Бондаренко. – зерноград, 2001. – 186 с.
12. Борисенко, И. Б. Совершенствование ресурсосберегающих и почвозащитных технологий и технических средств обработки почвы в острозасушливых условиях Нижнего Поволжья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / И. Б. Борисенко; Чебоксары, 2006. –53 с.
13. Веденяпин, Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. В. Веденяпин. - М.: Колос, 1973. -196 с.
14. Вельчо, С. Ф. Технологические решения механизации производственных процессов в коровнике / С. Ф. Вельчо, Н. Н. Мацвай, Б. Ф. Тарасенко. // Механизация технол. процессов в животноводстве: (сб. науч. тр.) / ВАСХНИЛ; КНИИСХ; СКНИИЖ. – Краснодар, 1987. – С 61-71.

15. Вентцель, С. Теория вероятностей / С. Вентцель. - 4-е изд. стереотип. – М.: Наука; Глав. ред. физико-математ. лит., 1969. – 576 с.
16. Внедрение ресурсосберегающих технологий в земледелии – путь к повышению рентабельности производства / Д. И. Файзурахманов, А. С. Салихов, Б. Г. Зиганшин [и др.]; Казан. гос. с.-х. акад. - Казань, 2005. – 7с.
17. Гердт, А. Ф. Теоретические исследования времени разворота чистиков в зависимости от конструктивных параметров навозоуборочного транспортера с подвижной решёткой / А. Ф. Гердт // Актуал. вопр. механизации животноводческих ферм: сб. науч. тр. / Восточ. отд-е ВАСНИЛ; НПО Целин-сельхозмеханизация. – Алма-Ата, 1987. – С. 39-40.
18. Горячкин, В. П. Собр. соч. / В. П. Горячкин. – М.: Колос, 1965. – Т. 2. – 460 с.
19. Грунд, Ф. Математическое обеспечение ЭВМ. Программирование на языке Фортран 4 / Ф. Грунд; пер. с нем. И. Т. Коробицина, В. Н. Соболева, под ред. В. Н. Соболева. – М.: Мир, 1976. – 189 с.
20. Гячев, Л. В. Теория лемешно-отвальной поверхности / Л. В. Гячев. – зерноград, 1961. – 256 с.
21. Дерябин, В. Е. Методика расчёта процесса накопления, уборки и транспортировки навоза / В. Е. Дерябин. – Краснодар: КубГАУ, 2002. – 55 с.
22. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион; пер. с англ.; под ред. Э. К. Лецкого, Е. В. Марковой. – М.: Мир, 1981. – 371 с.
23. Докучаев, Н. А. Удаление и использование навоза / Н. А. Докучаев, Л. А. Стома, В. М. Гагин. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 55 с.
24. Дробот, В.А. Новая полевая установка для инженерной оценки почвообрабатывающих рабочих органов / В.А. Дробот, Б. Ф. Тарасенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – №91(07). – 9 с.
25. Дробот, В.А. Новая полевая установка для динамометрирования и результаты оценки тяговых сопротивлений почвообрабатывающего рабочего органа / В.А. Дробот, Б. Ф. Тарасенко // Тракторы и с.-х. машины. – 2014. - № 12. – С. 10-13.
26. Дьяконов, В. П. Mathcad 7 в математике, физике и в Internet / В. П. Дьяконов, И. В. Абраменкова. – М.: Нолидж, 1999. –190 с.
27. Дьяконов, В. П. Mathcad 2000 / В. П. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2000. – 134 с.
28. Желиговский, В. А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов / В. А. Желиговский. – Тбилиси, 1960. – 146 с.
29. Заключительный отчёт НИР за 1985г. / В.П. Балук, С.Ф. Вельчо, Б.Ф. Тарасенко [и др.]. // № гос. регистрации 01823107059. – 46 с.
30. Заключительный отчёт НИР за 1985г. / В.П. Балук, Б.Ф. Тарасенко [и др.]. // №гос. регистрации 01823017104. – 28 с.
31. Заключительный отчёт НИР за 1990г. / А.Ф. Глазов, В.Т. Головань, Б.Ф. Тарасенко [и др.]. // № гос. регистрации 01860093297. – 56 с.

32. Заключительный отчёт НИР за 1990г. / В.Т. Головань, В.А. Новосёлова, Б.Ф. Тарасенко [и др.]. // № гос. регистрации 01860093297. – 68 с.
33. Заключительный отчёт НИР за 1990г. / Н.П. Ледин, С.Ф. Вельчо, Б.Ф. Тарасенко [и др.]. // № гос. регистрации 01860093300. – 72 с.
34. Заключительный отчёт НИР за 2000г. / М.И Чеботарёв, Г.Л. Зеленский, Б.Ф. Тарасенко [и др.]. // № гос. регистрации 01200113462. – 34 с.
35. Заключительный отчёт НИР за 2005г. / М.И Чеботарёв, А.Н. Медовник, Б.Ф. Тарасенко [и др.]. // № гос. регистрации 01200113467. – 60 с.
36. Заключительный отчёт НИР за 2010г. / А.Н. Медовник, Б.Ф. Тарасенко, С.А. Горовой [и др.]. // № гос. регистрации 01200606833. – 26 с.
37. Золотарев, С. А. Обоснование технологического процесса и параметров плуга для гладкой вспашки: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С. А. Золотарев; – Москва, 2005. 26 с.
38. Иванов, Д. И. Влияние механического уплотнения и средств химизации на показатели плодородия чернозема выщелоченного и продуктивность травяного звена севооборота: дис. ... канд. с.-х. наук / Д. И. Иванов; – Саранск, 2007. 323 с.
39. Интенсивная технология возделывания озимой пшеницы и озимого ячменя в Краснодарском крае / Краснодар. краевой агропром. комитет. – Краснодар: КППО, 1986. – 46 с.
40. Использование соломы на удобрения: (рекомендации) / А. Г. Пашков, Л. П. Леплявченко, А. А. Хуртин [и др.]; АПК Краснодар. края. – Краснодар, 1988. – 23 с.
41. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 250 с.
42. Камбулов, С. И. Механико-технологическое обоснование повышения эффективности функционирования сельскохозяйственных агрегатов: дис. д-ра техн. наук / С. И. Камбулов; ВНИПТИМЭСХ – зерноград, 2008. – 368 с.
43. Карапетьян, М. А. Повышение эффективности технологических процессов путём уменьшения уплотнения почв ходовыми системами сельскохозяйственных тракторов: автореф. дис. ... д-ра т.-х. наук / М. А. Карапетьян, – М. ВГУП, 2010.– 54 с.
44. Карпенко, А. Н. Сельскохозяйственные машины / А. Н. Карпенко, А. А. Зеленев, В. М. Халанский. – М.: Колос, 1976. – 512 с.
45. Кильдюшкин, В. М. Совершенствование системы основной обработки почвы в эрозионноопасных и равниннозаподиностепных агроландшафтах западного предкавказья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В. М. Кильдюшкин. – Курск, 2005. – 50 с.
46. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – М.: Колос, 1993. – 365 с.
47. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. – М.: Колос, 1980. – 672 с.

48. Кобяков, И. Д. Механико-технологические основы работы шестиугольных дисковых рабочих органов почвообрабатывающих орудий: автореф. дис. ... д-ра т.-х. наук / И. Д. Кобяков. – Новосибирск, 2012. – 39 с.
49. Ковалёв, Н. Г. Проектирование систем утилизации навоза на комплексах / Н. Г. Ковалёв, И. К. Глазков. – М.: ВО «Агропромиздат», 1989. – 160 с.
50. Ковалёв, Н. Г. Пути повышения эффективности использования органических удобрений в колхозах и совхозах Калининской области: (рекомендации) / Н. Г. Ковалёв, Б. М. Малинин, И. К. Глазков [и др.]; Агропром. комитет Калинин. обл.; ВНИИМЗ. – Калинин, 1988. – 52 с.
51. Ковалёв, Н. Г. Технология аэробной обработки органических отходов в удобрения, кормовые добавки, подстилку для скота / Н. Г. Ковалёв, И. К. Глазков; ВРО ВАСХНИЛ; ВНИИМЗ. – Калинин, 1989. – 13 с.
52. Коваленко, В. П. Технологические линии на молочных комплексах и фермах / В. П. Коваленко. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 160 с.
53. Кольбе, Г. Солома как удобрение / Г. Кольбе, Г. Штумпе; пер. с нем. А. Н. Клюкина. – М.: Колос, 1972. – 88 с.
54. Кормановский, Л. П. Теория и практика поточно-конвейерного обслуживания животных / Л. П. Кормановский. – М.: Колос, 1982. – 368 с.
55. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы. / Г. Корн, Т. Корн; пер. со 2-го амер. изд. И. Г. Абрамовича [и др.]. – М.: Науки; гл. ред. физико-математич. лит., 1973. – 873 с.
56. Кравченко, В. А. Повышение эффективности функционирования сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов на базе колёсных тракторов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В.А. Кравченко. – Зерноград, 2012, – 42 с.
57. Кравченко, В. С. Основы научных исследований / В. С. Кравченко, Е. И. Трубилин, В. С. Курасов. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – 136 с.
58. Краснощеков, Н. В. Инновационное развитие сельскохозяйственного производства России / Н. В. Краснощеков. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 388 с.
59. Кукта, Г. М. Испытания сельскохозяйственных машин / Г. М. Кукта. – М.: Машиностроение, 1964. – 281 с.
60. Курасов, В. С. Механико-технологическое обоснование комплекса технических средств для селекции сортоиспытания и первичного семеноводства кукурузы: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В.С. Курасов. – Краснодар, 2003. – 49 с.
61. Курдюмов, Н. И. Умный сад и хитрый огород / Н. И. Курдюмов. – М.: ЗАО «Книга», 2001. – 168 с.
62. Марченко, Н. М. Технологические и научно-технические решения проблемы рационального применения органических удобрений: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Н. М. Марченко; ВИМ. – М., 1991. – 68 с.

63. Маслов, Г. Г. Механизированные технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур / Г. Г. Маслов, Ш. Н. Богус. – Майкоп: Респ. изд.-полиграф. объединение «Адыгея», 1997. – 166 с.
64. Маслов, Г. Г. Система машин для комплексной механизации растениеводства / Г. Г. Маслов. – Краснодар, 1987. – 180 с.
65. Математическая энциклопедия. В 5 т. / гл. редактор академик И.М. Виноградов – М.: Советская энциклопедия, 1977-1985. – 2951 с.
66. Матюк, Н. С. Ресурсосберегающие технологии снижения переуплотнения почв в современных системах земледелия Нечерноземной зоны России: дис. ... д-ра с.-х. / Н. С. Матюк;. – М., 1999. – 349 с.
67. Машиностроение: энцикл. В 40 т. Т. IV-16 Сельскохозяйственные машины и оборудование – М.: Машиностроение, 1998. – 720 с.
68. Медовник, А. Н. Новое техническое средство для обработки почвы в междурядьях сада / А.Н. Медовник, Б.Ф. Тарасенко, С.А. Твердохлебов; – КубГАУ. Краснодар: 2008. – 9 с. – Библиогр.: с. – 27/19638. – Д. в 3.2 БД «Агрос» НТЦ «Информрегистр» 09.06.2008, №0220510769.
69. Медовник, А. Н. Технологическое и техническое обеспечение ресурсо-энергосберегающих процессов ухода за плодовыми насаждениями интенсивного типа: дис. ... д-ра техн. наук / А. Н. Медовник; КубГАУ. – Краснодар, 2001. – 258 с.
70. Медовник, А.Н. Экспериментальные и теоретические исследования работы рабочих органов универсального безотвального плуга / А.Н. Медовник, Б. Ф. Тарасенко, С. А. Горовой // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – №61(07). – 7 с.
71. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Асешкин, П. М. Рошин. – Л.: Колос, 1972. – 200 с.
72. Метод комплексного подхода при анализе ресурсосберегающего эффекта технологий, применяемых в молочном животноводстве / Г. М. Оськина, И. И. Тесленко, Е. И. Корпусенко: – Краснодар: Издательство ООО «Крон», 2008. – 26 с.
73. Механизация молочнотоварных ферм и их реконструкция: рекомендации / Н. И. Гайдаш, В. П. Балук, А. С. Овчаренко, П. А. Фурсин. – Краснодар, 1980. – 23 с.
74. Механизация молочно-товарных ферм и их реконструкция: рекомендации / Производств. упр. сел. хоз-ва Краснодар. крайисполкома. – Краснодар, 1980. – 15 с.
75. Научные основы производства и использования органических удобрений в зоне Юго-Западного Предкавказья / Н. И. Гайдаш, П. Н. Рыбалкин, П. П. Васюков [и др.]. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2000. – 180 с.
76. Небавский, В. А. Методика комплексной оценки машин и технологий / В. А. Небавский, А. И. Ещин. // Науч. техн. прогресс в садоводстве: сб. науч. докл. 2-ой междунар. науч.-практ. конф. / Департамент техн. политики МСХ РФ; РАСХН; ВСТИСиП. – М., 2003. – Ч. 1. – С. 279-282.

77. Небавский, В. А. Опыт внедрения технологии нулевой обработки почвы / В. А. Небавский. – Краснодар, 2003. – 135с.
78. Немыкин, А. А. Формирование урожая ячменя под влиянием уплотнения на фоне различных способов основной обработки почвы в южной зоне Амурской области: дис. ... к-та сельхоз. наук / А. А. Немыкин; – Благовещенск, 2009. – 154 с.
79. Нечаев, С. В. Эффективность воспроизводства технической базы растениеводства на основе освоения достижений научно-технического прогресса (по материалам Краснодарского края): дис. ... к-та эконом. наук / С. В. Нечаев; КубГАУ. – Краснодар, 2009. – 154 с.
80. Николаев, В. А. Научное обоснование и разработка энергосберегающих технических средств обработки почвы: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В. А. Николаев; Ярославль, 2011. – 43 с.
81. Новожилов, А.И. Повышение эффективности механизированных технологических комплексов в растениеводстве с учетом сезонных условий их использования: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А. И. Новожилов; Пенза, 2011. – 38 с.
82. Нормативно-справочные материалы по курсу «Эксплуатация машинно-тракторного парка» / Г. Г. Маслов, Е. А. Кочкин, Ю. И. Якимов, В. Т. Ткаченко. – Краснодар: КубГАУ, 1994.
83. Нормативы потребности в тракторах и сельхозмашинах для хозяйств АПК края: (рекомендации) / Г. Г. Маслов, Е. И. Трубилин, В. А. Небавский [и др.]; Департамент сел. хоз-ва Краснодар. края; КубГАУ. – Краснодар, 2003. – 24 с.
84. Нормы и нормативы в животноводстве: научно-методическое пособие / В. В. Кузнецов, А. И. Баранников, В. Я. Кавардаков [и др.]. – Ростов н/Д, 2008. – 400 с.
85. Органические удобрения в интенсивном земледелии / В. А. Васильев [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 303 с.
86. Орудие для обработки почвы в междурядьях сада / А. Медовник, Б. Тарасенко, С. Твердохлебов, С. Горовой // Сел. механизатор. – 2008. – № 10. – С. 10-11.
87. Основная обработка почвы: (рекомендации) / Н. Р. Шоков, В. С. Кравченко, Е. И. Трубилин [и др.]. – Краснодар: КубГАУ, 2001. – 35 с.
88. Оськин, С.В. Надежность технических систем и экологический, экономический ущерб в сельском хозяйстве. / С. В. Оськин, Б. Ф. Тарасенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета 2014. – №85(01). – 18 с.
89. Оськин, С.В. Имитационное моделирование при анализе эффективности почвообрабатывающих агрегатов. / С. В. Оськин, Б. Ф. Тарасенко, В. Н. Плешаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета 2014. – №102 (08). – 24 с.
90. Отчет о НИР по теме «Разработать информационно-техническую систему по анализу состояния топливно-энергетической базы объектов агро-

промышленного комплекса волгоградской области» / И.В. Юдаев, А.Н. Васильев, А.Н. Тихомиров [и др.] // ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ «Нива», 2013. – С. 130-134.

91. Перфильев, Н. В. Оптимизация систем обработки темно-серой лесной почвы в северном зауралье: дис. ... д-ра сель. хоз. наук / Н. В. Перфильев; – Тюмень, 2014. – 454 с.

92. Письменов, В. Н. Получение и использование бесподстилочного навоза / В.Н. Письменов. - М.: Росагропромиздат, 1988. – 208 с.

93. Письменов, В. Н. Уборка, транспортировка и использование навоза / В. Н. Письменов. - М.: Россельхозиздат, 1973. – 199 с.

94. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников [и др.]. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Колос, 1980.

95. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / К. Хартман [и др.]; пер. с нем. Г. А. Фомина, Н. С. Лецкой; под ред. Э. К. Лецкого. – М.: Мир, 1977. – 200 с.

96. Плешаков, В. Н. Обоснование технического уровня и направлений развития сельскохозяйственной техники: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В. Н. Плешаков. – Краснодар, 2001. – 48 с.

97. Почвоохранная ресурсосберегающая технология обработки почвы, посева и уборки перспективными агрегатами / Н. К. Мазитов, М. Ш. Тагиров, М. Ю. Гаитов [и др.] // Тракторы и с.-х. машины. – 2006. - № 12. – С. 11-12.

98. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка / Ю. И. Якимов, А. В. Осадчий, Г. Г. Маслов [и др.]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – 389 с.

99. Припоров, Е. В. Параметры процесса распределения гранулированных минеральных удобрений и семян риса горизонтальным однодисковым центробежным аппаратом: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е. В. Припоров; КубГАУ. – Краснодар, 2003. – 21с.

100. Природоохранная технология использования соломы на удобрение: (рекомендации) / Г. Г. Маслов, Н. Г. Малюга, Е. И. Трубилин [и др.]; Департамент сел. хоз-ва и продовольствия администрации Краснодар. края. – Краснодар, 1994. – 27с.

101. Прощак, В. М. Исследование и обоснование работоспособности основных параметров высокоскоростных молотковых кормодробилок: дис. ... канд. техн. наук / В. М. Прощак. – Краснодар, 1967. – 178 с.

102. Прядкин, В. И. Мобильные энергосредства сельскохозяйственного назначения на шинах сверхнизкого давления: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. / В. И. Прядкин; Москва, 2013. – 36 с.

103. Пуговкина, Н. П. Оптимизация технологий и технических средств для подготовки и утилизации навоза с учётом его качественных характеристик / Н. П. Пуговкина, Л. М. Малыхина // Исслед. процессов уборки и подготовки навоза к использованию: сб. науч. тр. / Всерос. отд-е ВАСХ-НИЛ; ВНИИМЖ. – Подольск, 1988. – С. 29-36.

104. Рекомендации по производству, технологии хранения и использования органических удобрений / В. Г. Робский, А. Г. Пашков [и др.]; АПК Краснодар. края. – Краснодар, 1986. – 32 с.
105. Реконструкция и комплексная механизация животноводческих ферм / М. С. Рунчев, Н. С. Резников, В. П. Коваленко [и др.]. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 192 с.
106. Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур на Ставрополье: рекомендации / Л. Н. Петрова, Э. И. Липкович, Д. К. Зайцев [и др.]; Эксперт. совет при М-ве сел. хоз-ва Ставропол. Края. – Ставрополь, 2006. – 24 с.
107. Ресурсоэкономные и экологически безопасные технологии производства зерна ценной и сильной озимой пшеницы в Краснодарском крае: (рекомендации) / П. Н. Рыбалкин, Л. А. Беспалова, П. П. Васюков [и др.]; Департамент сел. хоз-ва и продовольствия администрации Краснодар. края. – Краснодар, 1997. – 83 с.
108. Рис. Новые сорта и энергосберегающие технологии его возделывания в Краснодарском крае: науч.-метод. разработка / Г. И. Зеленский, М. И. Чеботарёв, Е. И. Трубилин [и др.]. – Краснодар, 1997. – 96 с.
109. Рублёв, А. Н. Линейная алгебра / А. Н. Рублёв. – М.: Высш. шк., 1968. – 364 с.
110. Рыков, В. Б. Механико-технологическое обоснование технических средств и агрегатов для обработки почвы в условиях засушливого земледелия юга России: автореф. дис. ... д-ра техн. наук; ВНИПТИМЭСХ / В. Б. Рыков. – зерноград, 2001. – 40 с.
111. Савич, К.В. Оценка земель / К.В. Савич, Н.Н. Мельник, П.Ю. Карауш, А.К. Саидов// Плодородие. – № 1. 2010.
112. Сборник научных трудов / КРИА, под ред. Э. К. Эйсерта. – Краснодар: 1995. – Вып. 3. – 73 с.
113. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (МТС). — М.: ФГНУ “Росинформагротех”, 2001. — 190 с.
114. Свечников, П. Г. Модернизация почвообрабатывающих рабочих органов на основе исследования процесса их взаимодействия с почвой: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. / П. Г Свечников; Челябинск, 2013. – 43 с.
115. Свиткин, М.З. Международные стандарты ИСО серии 9000. Методика и практика применения / М. З. Свиткин, В. Д. Мацута, К. М. Рахлин. – М.: НИИТЭХИМ, 1991. . – 202с.
116. Свиткин, М.З. Методы решения производственных задач: практ. пособие / М. З. Свиткин, К. М. Рахлин В. Д. Мацута. – СПб.: КОНФЛАКС, 1992. – 96 с.
117. Сельскохозяйственные машины: практикум. / М. Д. Адиньяев, В. Е. Бердышев, И. В. Бумбар [и др.]; под ред. А. П. Тарасенко. – М.: Колос, 2000. – 240 с.

118. Сельскохозяйственные машины: учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений. / В. М. Халанский, И. В. Горбачёв. – М.: Колос, 2004. – 624 с.
119. Сельскохозяйственная техника, выпускаемая в странах СНГ: каталог / под общ. ред. Е. И. Трубилина; Департамент сел. хоз-ва и продовольствия Краснодар. края; КубГАУ. – Краснодар, 2003. – 513 с.
120. Сеялка рисовая-навесная: паспорт – СРН-1.00.00.00. – Краснодар: МГО «Рис»; ГСКТБ по рисоводческой технике, 1993. – 11 с.
121. Синеоков, Г. Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков. – М.: Машиностроение, 1965. – 312 с.
122. Система земледелия в Краснодарском крае на 1990-1995 годы и на период до 2000 года: рекомендации / ВАСХНИЛ Всерос. отд-е; КНИИСХ; КСХИ. – Краснодар: Кн. изд-во, 1990. – 457с.
123. Системы и методы рационального землепользования / Компания «Айова экспорт-импорт» США, рук. проекта Эмми Шваки, переводчик Татьяна Марьямс. – Краснодар: Каргил, 1998. – 176 с.
124. Скорняков, С. М. Плуг: крушение традиций? / С. М. Скорняков. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – 176 с.
125. Соколов, Н. М. Повышение качества противоэрозионной обработки почвы на склоновых землях совершенствованием технологического процесса и технических средств: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. / Н. М. Соколов; Пенза, 2013. – 39 с.
126. Сохт, К. А. Машинные технологии возделывания зерновых культур: дис. в виде науч. докл. ... д-ра техн. наук / К.А. Сохт. – Краснодар, 2002. – 60 с.
127. Способы оптимизации затрат на производство молока и говядины в Краснодарском крае: метод. рекомендации / В. Т. Головань, М. И. Нешко, Н. И. Подворок [и др.]; Департамент сел. хоз-ва и перераб. пром-сти Краснодар. края; ГНУ Сев.-Кавказ. НИИ животноводства РАСХН; ФГОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет». – Краснодар, 2008. – 76 с.
128. Схема сил при работе долота универсального рабочего органа / А. Н. Медовник, Б. Ф. Тарасенко, С. А. Твердохлебов [и др.] // Энерго – и ресурсосберегающие технологии и установки: – материалы науч. конф. фак. механизации / КубГАУ. – Краснодар, 2008. – С. 46-54.
129. Сыроватка, В. И. Автоматизированное оборудование молочных ферм / В. И. Сыроватка, Ю. А. Цой, А. И. Зеленцов. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 56 с.
130. Тарасенко, Б. Новая конструкция коровника / Б. Тарасенко, А. Ратошный // Животноводство России. – 2011. – № 2. – С. 47-48.
131. Тарасенко, Б. Технологии сепарации навоза / Б. Тарасенко, А. Ратошный // Животноводство России. – 2011. – № 6. – С. 67-68.
132. Тарасенко, Б. Ф. Комплексная оценка машин для безотвальной обработки почвы / Б. Ф. Тарасенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – №66(02). – 6 с.

133. Тарасенко, Б. Ф. Комплексный подход к технологии производства зерновых колосовых культур / Б. Ф. Тарасенко, С. В. Оськин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета 2013. – №87(03). – 14 с.

134. Тарасенко, Б. Ф. Конструктивно-технологические решения безотвальной обработки почвы с повышенной степенью крошения пахотного слоя / Б. Ф. Тарасенко // Тр. / КубГАУ. – 2010. – №2(23). – С. 188-192.

135. Тарасенко, Б. Ф. Конструктивно-технологические решения безотвальной обработки почвы с увеличенной глубиной пахотного слоя / Б. Ф. Тарасенко // Тр. / КубГАУ. – 2010. – №2(23). – С. 197-200.

136. Тарасенко, Б. Ф. Конструктивно-технологические решения безотвального разрыхления почвенных структур верхнего горизонта / Б. Ф. Тарасенко // Политемат. сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – №58(04). – 10 с.

137. Тарасенко, Б. Ф. Конструктивно-технологическое решение для внесения и заделки органических удобрений при безотвальной обработке почвы / Б. Ф. Тарасенко // Тр. / КубГАУ. – 2010. – №.3(24). – С. 144-147.

138. Тарасенко, Б. Ф. Конструктивно-технологические решения энергосберегающего комплекса машин для предупреждения деградации почв в Краснодарском крае: монография / Б. Ф. Тарасенко; КубГАУ – Краснодар, 2012. – 280 с.

139. Тарасенко, Б. Ф. Механическая очистка стоек активным рабочим органом: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Б. Ф. Тарасенко; НПО «Прогресс» СКНИИЖ. – Краснодар, 1993. – 22 с.

140. Тарасенко, Б. Ф. Механическая очистка стоек активным рабочим органом: дис. ... канд. техн. наук / Б. Ф. Тарасенко; НПО «Прогресс» СКНИИЖ. – Краснодар, 1993. – 127 с.

141. Тарасенко, Б. Ф. Обоснование технологического процесса внесения органических удобрений под безотвальную (основную) обработку почвы / Б.Ф. Тарасенко; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рос. Федерации; КубГАУ // Энергосберегающие технологии и процессы в АПК: материалы межвуз. науч. конф. фак.в механизации, энергетики и электрификации. – Краснодар, 2003. – С. 123-126.

142. Тарасенко, Б. Ф. Оптимизация параметров рабочего органа безотвального плуга с двухъярусными плоскорежущими лапами / Б. Ф. Тарасенко // Тр. / КубГАУ. – 2010. – №.3(24). – С. 184-187.

143. Тарасенко, Б. Ф. Оптимизация параметров рабочего органа конструктивно-технологического решения безотвального разрыхления почвенных структур верхнего горизонта / Б. Ф. Тарасенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – №60(06). – 9 с.

144. Тарасенко, Б. Ф. Оптимизация параметров рабочего органа конструктивно-технологического решения для безотвальной обработки почвы с повышенной степенью крошения пахотного слоя / Б. Ф. Тарасенко // Полите-

матический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – №61(07). – 10 с.

145. Тарасенко, Б.Ф. Очиститель стойл. [Текст] / Б.Ф. Тарасенко. // Информационный листок №347-90. – Краснодарский ЦНТИ. – 4 с.

146. Тарасенко, Б.Ф. Очиститель стойл. [Текст] / Б.Ф. Тарасенко. // Информационный листок №109-96. – Краснодарский ЦНТИ. – 4 с.

147. Тарасенко, Б. Ф. Параметры дисковых ворошителей универсального плоскореза / Б. Ф. Тарасенко, С. А. Горовой // Науч. основы повышения продуктивности с.-х. животных: сб. науч. тр. юбил. междунар. (2-ой) науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию образования СКНИИЖ. – Краснодар, 2009. – С. 146-148.

148. Тарасенко, Б.Ф. Производственные испытания и экономические показатели универсального безотвального плуга / Б.Ф. Тарасенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – №66(02). – 5 с.

149. Тарасенко, Б. Ф. Совершенствование устройств для разделения навозных стоков животноводческих комплексов на фракции / Б. Ф. Тарасенко // Обоснование основных технологических операций в животноводстве: сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ Всерос. отд.-е; КНИИСХ; СКНИИЖ. – Краснодар, 1988. – С 26-30.

150. Тарасенко Б.Ф. Теоретические основы расчёта энергетических параметров механизированных процессов обработки почвы / Б.Ф. Тарасенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – №66(02). – 8 с.

151. Тарасенко, Б. Ф. Технология механической очистки стойл КРС / Б. Ф. Тарасенко // Комплекс. механизация интенсив. пр-ва продукции животноводства: сб. науч. тр. / ВНИИМЖ. – Подольск, 1990. – С.131-134.

152. Тарасенко, Б. Ф. Универсальный плуг для безотвальной обработки почвы с цилиндрическими долотами и поворачивающимися лапами и оптимизация его параметров при глубоком рыхлении / Б. Ф. Тарасенко, С. А. Горовой, В. В. Цыбулевский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – №60(06). – 12 с.

153. Татаров, Н. Т. Совершенствование технологии основной обработки почвы и обоснование конструктивных параметров плуга-плоскореза: дис... канд. техн. наук / Н. Т. Татаров; – Улан Удэ, 1999. – 186 с.

154. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 312 с.

155. Тесленко, И. И. Поточно-конвейерные технологии в молочном животноводстве: дис. ... д-ра техн. наук / И. И. Тесленко; ГНУ ВИЭСХ, ГНУ СКНИИЖ – Москва, 2009. – 386 с.

156. Технология производства экологически чистых органических удобрений / Н. Г. Ковалёв, И. К. Глазков, Б. М. Малинин [и др.]. – Калинин: Ред.-изд. группа ВНИИМЗ, 1990. – 13 с.

157. Твердохлебов, С. А. Параметры процесса обработки почвы универсальным рабочим органом по контуру залегания корневой системы плодовых деревьев в междурядьях сада: дис. ... канд. техн. наук / С. А. Твердохлебов; КубГАУ. – Краснодар, 2009. – 144 с.
158. Тихонов, В. В. Совершенствование рабочего органа чизеля для дополнительного крошения почвы и обоснование его параметров: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. В. Тихонов; Уфа, 2012. – 20 с.
159. Фурсин, П. А. Технология и механизация накопления, удаления и использования навоза / П. А. Фурсин, Н. И. Гайдаш. – Краснодар: Краснодар. кн. изд-во, 1979. – 128 с.
160. Чеботарёв, М. И. Механико-технологическое обоснование систем машин для рисоводства: дис. ... д-ра техн. наук в виде науч. докл. / М. И. Чеботарёв. – Зерноград, 1997. – 58 с.
161. Черноиванов, В. И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства. / В. И. Черноиванов, А. А. Ежевский, В. Ф. Федоренко: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Роинформагротех», 2012. – 284.
162. Шевченко, Н. В. Обоснование технико-эксплуатационных параметров перспективных сельскохозяйственных машинно-технологических агрегатов: дис. ... канд. техн. наук / Н. В. Шевченко; ВНИПТИМЭСХ. – Зерноград, 2004. – 162 с.
163. Щербина, П. А. Почвозащитные технологии возделывания сельскохозяйственных культур как основа экономической эффективности и улучшение экологической обстановки / П. А. Щербина, В. К. Бугаевский // Независимая аграрная газета Кубани «Земля и жизнь». – 2005. – 10с.
164. Экология Кубани / Г. С. Гужин, В. И. Голиков, В. Г. Касаткин [и др.]; Краснодар. эксперимент. центр развития образования; КубГАУ. – Краснодар, 1995. – 176 с.
165. Юнусов, Г. С. Совершенствование технологий и технических средств поверхностной обработки почвы: дис. ... д-ра техн. наук. / Г. С. Юнусов; Марийский ГУ. - Йошкар-Ола, 2005. – 376 с.
166. Авт. св. СССР №816447, МПК А01К1/02. Устройство для содержания животных / Н.П. Ледин, А.Е. Чиков, Б.Ф. Тарасенко и др.; заявитель СКНИИЖ; опубл. 30.03.1981, БИ №12. – 4 с.
167. Авт. св. СССР №886857, МПК А01К1/01. Устройство для уборки навоза / Б.Ф. Тарасенко, Н.И. Гайдаш; заявитель СКНИИЖ; опубл.07.12.1981, БИ №45. – 4 с.
168. Авт. св. СССР №1192747, МПК А01К1/01. Устройство для уборки навоза / В.П. Балук, Б.Ф. Тарасенко, С.Ф. Вельчо; заявитель СКНИИЖ; опубл. 23.11.1985, БИ №43. – 3 с.
169. Авт. св. СССР №1464930, МПК А01С3/00. Устройство для обезвоживания навозных стоков / Н.П. Ледин, Б.Ф. Тарасенко, Г.А. Микиртичев и др.; заявитель СКНИИЖ; опубл. 15.03.1989, БИ №10. – 3 с.

170. Авт. св. СССР №1477335, МПК А01К1/01. Устройство для уборки навоза / Б.Ф. Тарасенко, Н.П. Ледин; заявитель СКНИИЖ; опубл. 07.05.1989, БИ №17. – 4 с.
171. Авт. св. СССР №1507269, МПК А01К1/00. Устройство для проведения моциона животных / Б.Ф. Тарасенко, Н.П. Ледин, Б.И. Волков и др.; заявитель СКНИИЖ; опубл. 15.09.1989, БИ №34. – 4 с.
172. Авт. св. СССР №1514889, А01К1/00, Е04В1/76. Помещение для содержания животных. / В.Г. Рядчиков, Н.П. Ледин, Б.Ф. Тарасенко и др.; заявитель СКНИИЖ; опубл. 15.10.1989, БИ №38. – 4 с.
173. Авт. св. СССР №1572443, МПК А01С3/00. Установка для разделения навоза на фракции / В.П. Балук, Т.Т. Балук, Б.Ф. Тарасенко; заявитель СКНИИЖ; опубл. 23.06.1990, БИ №23. – 6 с.
174. Авт. св. СССР №1639455, МПК А01С3/00. Устройство для обезвоживания навозных стоков / Н.П. Ледин, Б.Ф. Тарасенко, Г.М. Старокожев и др.; заявитель СКНИИЖ; опубл. 07.04.1991, БИ №13. – 7 с.
175. Авт. св. №1667757, А01К1/00, Е04В1/76. Помещение для коров. / Б.Ф. Тарасенко, Н.П. Ледин, С.Ф. Вельчо; заявитель СКНИИЖ; опубл. 07.08.1991, БИ №29. – 4 с.
176. Авт. св. СССР №1680023, МПК А01К1/01. Устройство для уборки навоза / Б.Ф. Тарасенко, Н.П. Ледин, Б.И. Волков и др.; заявитель СКНИИЖ; опубл. 30.09.1991, БИ №36. – 6 с.
177. Авт. св. СССР №1701204, МПК А01К1/00, Е04В1/76. Здание для содержания животных. / Н.П. Ледин, Б.Ф. Тарасенко, С.Ф. Вельчо и др.; заявитель СКНИИЖ; опубл. 30.12.1991, БИ №48. – 6 с.
178. Авт. св. СССР №1744084, МПК С05F3/00. Устройство для приготовления органических удобрений / Б.Ф. Тарасенко, Н.И. Гайдаш, Н.П. Ледин и др.; заявитель СКНИИЖ; опубл. 30.06.1992, БИ №24. – 5 с.
179. Авт. св. СССР №1754023, МПК А01К1/01. Устройство для очистки концов стойл / Б.Ф. Тарасенко; заявитель СКНИИЖ; опубл. 15.08.1992, БИ №30. – 6 с.
180. Авт. св. СССР №1757546, МПК А01К1/01. Машина для разбрасывания подстилки и уборки навоза / Н.П. Ледин, Б.Ф. Тарасенко, С.Н. Кондусов и др.; заявитель СКНИИЖ; опубл. 30.08.1992, БИ №32. – 7 с.
181. Авт. св. СССР №1803006, МПК А01К1/01. Машина для разбрасывания подстилки и уборки навоза из стойл / С.Н. Кондусов, Б.Ф. Тарасенко; заявитель СКНИИЖ; опубл. 23.03.1993, БИ №11. – 7 с.
182. Авт. св. СССР №1804754, МПК А01К1/01. Устройство для очистки концов стойл от навоза / Б.Ф. Тарасенко, Л.Ф. Мечкало, А.Б. Фисенко и др.; заявитель СКНИИЖ; опубл. 30.03.1993, БИ №12. – 5 с.
183. Авт. св. СССР №1806567, МПК А01К1/00. Устройство для содержания животных / Л.П. Кормановский, Н.П. Ледин, Б.Ф. Тарасенко и др.; заявитель СКНИИЖ; опубл. 07.04.1993, БИ №13. – 5 с.
184. Патент РФ №2177213, МПК А01В35/32. Агрегат для безотвальной вспашки почвы / Б.Ф. Тарасенко, М.И. Чеботарёв, Е.И. Трубилин и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 27.12.2001, БИ №36. – 8 с.

185. Патент РФ №2482651, МПК А01В35/08, А01В39/22, А01В49/02. Агрегат для безотвальной обработки почвы / Б.Ф. Тарасенко, В. В. Цыбулевский; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 27.05.2013, БИ №15. – 5 с.
186. Патент РФ №2343657, МПК А01В35/00, А01В49/02. Агрегат комбинированный почвообрабатывающий / Б.Ф. Тарасенко, А.Н. Медовник, Л.И. Сидоренко и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 20.01.2009, БИ №2. – 5 с.
187. Патент РФ №2384985, А01В21/08, F16C31/04. Борона дисковая. / Б.Ф. Тарасенко, А.Н. Медовник, С.А.Твердохлебов и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; 27.03.2010, БИ №9. – 6 с.
188. Патент РФ №2202159, МПК А01В35/02, 13/08 Орудие для безотвальной обработки почвы / Б.Ф. Тарасенко, М.И. Чеботарёв, А.С. Бабенко и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 20.04.2003 БИ №11. – 10 с.
189. Патент РФ №2244387, МПК А01В3/36, 35/26.Орудие для безотвальной обработки почвы / Б.Ф. Тарасенко, М.И. Чеботарёв, С.И. Костылев и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл 20.01.2005, БИ №2. – 8 с.
190. Патент РФ №2144749, А01В3/36, 35/26. Плуг навесной. [Текст] / Б.Ф. Тарасенко, М.И. Чеботарёв, Е.И. Трубилин и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл 27.01.2000, БИ №3. – 12 с.
191. Патент РФ №2189127, МПК А01В49/02, 3/36. Плуг навесной / В.П. Заярский, О.Б. Селивановский, Б.Ф. Тарасенко и др.; патентообладатель ООО Краснодаррисмаш; опубл.20.09.2002, БИ №26. – 8 с.
192. Патент РФ №2436270, А01В63/112, 5/13. Полевая установка для испытаний почвообрабатывающих рабочих органов. / Б.Ф. Тарасенко, Н.И. Богатырёв, А.Н. Медовник и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 20.12.2011, БИ №35. – 5 с.
193. Патент РФ №2297127, МПК А01В49/06, А01С7/00. Посевной агрегат / Б.Ф. Тарасенко, В.С. Курасов, Е.И. Трубилин и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 20.04.2007, БИ №11. – 5 с.
194. Патент РФ №2369064, 7А01С 3/00. Разделитель навоза на фракции / Н.И. Богатырёв, Б.Ф. Тарасенко, В.М. Прощак и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл.10.10.2009, БИ №28. – 4 с.
195. Патент РФ №2316921, МПК А01В49/02. Рыхлитель чизельный / Б.Ф. Тарасенко, А.Н. Медовник, В.Д. Карпенко и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 20.02.2008, БИ №5. – 6 с.
196. Патент РФ №2267893, МПК А01В79/02, А01В49/06. Способ безотвальной обработки почвы и устройство для его осуществления / Б.Ф. Тарасенко, В.М. Прощак, Ю.М. Щуров и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 20.01.2006, БИ №2. – 8 с.
197. Патент РФ №2213079, С05F3/00, 3/06, А01С3/00, 3/02. Способ получения компоста и устройство для его осуществления / Б.Ф. Тарасенко, А.С. Густов, С.В. Ситнер и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 27.09.2003, БИ №27. – 10 с.

198. Патент РФ №2214076, МПК А01В13/08, Устройство для безотвальной вспашки / Б.Ф. Тарасенко, М.И. Чеботарёв, И.А. Ключников и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 20.10.2003, БИ №29. – 8 с.
199. Патент РФ №2404560, МПК А01В35/26, А01В39/20. Устройство для безотвальной обработки почвы / Б.Ф. Тарасенко, А.Н. Медовник, С.А. Горовой и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 27.11.2010, БИ №33. – 6 с.
200. Патент РФ №2449521, МПК А01В35/28, А01В35/26. Устройство для безотвальной обработки почвы / Б.Ф. Тарасенко, А.Н. Медовник, С.А. Горовой и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 10.05.2012, БИ №13. – 9 с.
201. Патент РФ №2298303, МПК А01В35/32, А01В39/28. Устройство для безотвальной обработки почвы / Б.Ф. Тарасенко, А.Н. Медовник, С.И. Костылев и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 10.05.2007, БИ №13. – 6 с.
202. Патент РФ №2407257, А01В35/00, А01В35/20. Устройство для безотвальной обработки почвы. / Б.Ф. Тарасенко, М.И. Чеботарёв, О.Н. Попов и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 27.12.2010. – 6 с.
203. Патент РФ №2259028, МПК А01В35/00, 3/36. Устройство для безотвальной обработки почвы / Б.Ф. Тарасенко, Ю.П. Шуваев, М.И. Чеботарёв и др.; патентообладатель ООО Краснодаррисмаш; опубл. 27.08.2005, БИ №24. – 7 с.
204. Патент РФ №2338360, МПК А01С15/00, А01В49/04. Устройство для внесения минеральных удобрений при сплошной обработке почвы / А.Н. Медовник, Б.Ф. Тарасенко, Г.Г. Маслов и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 20.11.2008, БИ №32. – 5 с.
205. Патент РФ №2327322, А01С15/00, А01В49/04. Устройство для внесения минерального удобрения при сплошной обработке почвы. / А.Н. Медовник, Б.Ф. Тарасенко, Руденко С.С. и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 27.06.2008, БИ №18. – 6 с.
206. Патент РФ №2298302, МПК А01В 35/28, А01В35/26. Устройство для обработки почвы / А.Н. Медовник, Б.Ф. Тарасенко, С.А. Твердохлебов; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 10.05.2007, БИ №13. – 5 с.
207. Патент РФ №2349063, А01В 3/36, А01В35/26. Устройство для обработки почвы. / Б.Ф. Тарасенко, А.Н. Медовник, С.А. Твердохлебов и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 23.11.2009, БИ №8. – 6 с.
208. Патент РФ №2370929, А01В 35/16, А01В49/04. Устройство для обработки почвы и внесения удобрений. Варианты. / Тарасенко Б.Ф., Медовник А.Н., Богатырёв Н.И. и др. //, 27.10.2009. – 7 с.
209. Патент РФ №2299537, МПК А01В49/02. Устройство для основной обработки почвы / Б.Ф. Тарасенко, Н.И. Богатырёв, А.М. Георгиев и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 27.05.2007, БИ №15. – 4 с.
210. Патент РФ №2236122, МПК А01К1/00. Устройство для содержания животных / Б.Ф. Тарасенко, В.М. Прощак, В.Е. Дерябин и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 20.09.2004, БИ №26. – 22 с.

211. Патент РФ №2184445, МПК А01К1/01. Устройство для уборки навоза из животноводческих помещений / Б.Ф. Тарасенко, А.Ф. Петунин, В.Е. Дерябин и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 10.07.2002, БИ №19. – 10 с.
212. Патент РФ №2457645, МПК А01В 13/06. Устройство для щелевания почвы / Б.Ф. Тарасенко, М.И. Чеботарёв, В.В. Цыбулевский и др.; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 10.08.2012, БИ №22. – 7 с.
213. Патент РФ №2449520, МПК А01В 29/04. Шлейф-каток спиральный / Б.Ф. Тарасенко, С.А. Горовой, С.И. Костылев; патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ; опубл. 10.05.2012, БИ №13. – 5 с.
214. Свид. РФ №1989 на пол. мод., МПК 6В62Д55/00. Гусеничный энергетический модуль. / В.П. Заярский, В.М. Бачалов, Б.Ф. Тарасенко и др.; патентообладатель ООО Краснодаррисмаш; опубл. 16.04.1996, БИ №4. – 4 с.
215. Свид. РФ №10041 на пол. мод., МПК А01В15/02. Луцильник чизельный навесной / В.П. Заярский, В.М. Бачалов, Б.Ф. Тарасенко и др.; патентообладатель ООО Краснодаррисмаш; опубл. 16.08.1999, БИ №6. – 4 с.
216. Свид. РФ №10507 на пол. мод., МПК А01С7/08. Рисовая разбрасывающая сеялка / В.П. Заярский, О.Б. Селивановский, Б.Ф. Тарасенко и др.; патентообладатель ООО Краснодаррисмаш; опубл. 16.08. 1999, БИ №8. – 6 с.
217. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №200862381. Влияние физических свойств почвы на процесс обработки универсальным рабочим органом. С.А. Твердохлебов, А.Н. Медовник, Е.И. Трубилин, Б.Ф. Тарасенко. – 16 мая 2008г. – 12 с.
218. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613080. Определение оптимальных параметров составной чизельной лапы. Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой. – 15 июня 2009г. – 12 с.
219. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613305. Определение оптимальных параметров чизельной лапы с нижней заточкой. Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой. – 25 июня 2009г. – 12 с.
220. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613306. Определение оптимальных параметров двухъярусной плоскорезной лапы. Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой. – 25 июня 2009г. – 12 с.
221. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613747. Перевод коэффициентов уравнения регрессии (мнимых) чизельных и плоскорезной лап в действительные. Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой и др. – 14 июля 2009г. – 10 с.
222. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613127. Зависимость тягового сопротивления двухъярусной плоскорезной лапы от глубины обработки и межъярусного расстояния. Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой и др. – 16 июня 2009г. – 12 с.
223. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613303. Зависимость тягового сопротивления чизельной лапы с ниж-

ней заточкой от ширины захвата и угла крошения. Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой и др. – 25 июня 2009г. – 12 с.

224. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613304. Зависимость тягового сопротивления составной чизельной лапы от ширины захвата и угла расстановки по высоте. Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой и др. – 25 июня 2009г. – 12 с.

225. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613744. Графики параметров составной чизельной лапы. Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой и др. – 14 июля 2009г. – 10 с.

226. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613703. Графики параметров чизельной лапы с нижней заточкой. Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой и др. – 13 июля 2009г. – 10 с.

227. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613705. Графики параметров двухъярусной плоскорезной лапы. Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой и др. – 13 июля 2009г. – 10 с.

228. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010610878. Графики параметров глубокорыхлителя с цилиндрическим долотом с верхней заточкой. [Текст] / Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой и др. – 28 января 2010. – 10 с.

229. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010610879. Зависимость тягового сопротивления глубокорыхлителя с цилиндрическим долотом с верхней заточкой от диаметра долота и радиуса кривизны стойки. Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой и др. – 28 января 2010. – 12 с.

230. Свид. о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010610879. Определение оптимальных параметров глубокорыхлителя с цилиндрическим долотом с верхней заточкой. Б.Ф. Тарасенко, В.В. Цыбулевский, С.А. Горовой и др. – 28 января 2010. – 12 с.

231. Karlheinz Koller. Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. DLG – Verlag Frankfurt (Main) / Karlheinz Koller // BLV Verlagsgesellschaft Munchen, Landwirtschaftsverlag Munster – Hiltrup. Osterreichischer Agrarverlag Wien. Bugra Suisse Wabtrn . – Bern, 1993. – P. 122.

231. Ripke F. O. Abtrieft beim Einsatz von Feldspri tzgeraten / F. O. Ripke // Land technik. - 1990. - Jg. 45, N5. - S. 144-148.

232. Rogers R. Windproof plot sprays by Barry Rogers / R. Rogers, C. A. Barry // Fruit Sc Rep. Skurniewice. - 1988. - Vol. 15, N4. - P. 199-204.

233. Straksas A. Development of a stripper-header for grain harvesting / A. Straksas // Research. - 2006. – N 4. – P.1

234. DUOLENT, TURBULENT, GRUBBER (Chisels). The effective technology advertises Farnet. Company of the year 2009 in Czech Republic. [El. resource. – regime of access: e-mail: tehno-master @ bk.ru].

235. Sunflower. Advertisement AMAKO AIA group of companies. Sunflower Manufacturing Co., Inc. P.O. Box 566 / 3154 Hallie Trail Beloit, KS 67420. [El. resource. – regime of access: e-mail: tehno-master @ bk.ru].

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Таблица П 1. 1 Машины для основной обработки почвы

№ п/п	Наименование машины	наименование и ширина на рабочего органа, см.	ширина захвата, м.	класс энергетического средства	рабочая скорость, км/ч.	Глубина обработки, см.
1	Плуги лемешные: навесные, полунавесные, поворотные, раздвижные, гидрофицированные, универсальные, унифицированные, комбинированные, полевые, болотные, для каменистых почв, с винтовым отвалом, с роторным отвалом, луцильники.	лемех, 20, 25, 30, 35, 40, 43, 45, 50	0,2; 0,4; 0,5; 0,6; 0,9; 1,0; 1,05; 1,2; 1,3; 1,5; 1,6; 1,75; 1,8; 2,0; 2,25; 2,4; 2,45; 2,7; 2,8; 3,0; 3,15; 3,2; 3,5; 4,0; 4,2	0,9; 1,4; 3; 4; 5;	6...10	25...30...35 ... 45
2	Плуги лемешные оборотные для гладкой вспашки.	лемех, 40; 45	1,2; 1,6; 2,0; 2,25; 2,8; 3,15; 3,2; 3,6	1,4; 3; 4; 5	6...10	30
3	Плуги двухъярусные, навесные, для глубокой обработки.	лемех, 30; 35; 42	1,05; 1,68; 1,90; 2,52	1,4; 3	5...10	30...35...45
4	Плуг дисковый навесной.	сферический диск, 65; 75;	1,2;	3	6	30
5	Плуг чизельный.	лапы: долотообразные, 4,5; 6;	2,2; 2,5; 3,2; 4,1; 4,6;	3; 4; 5	9...12	15...20...25 ... 30...35...40 ... 45

		стрельчатые, 30; 33; 50	5,0			
6	Плоскорез - глубокорыхлитель	лапа плоскорезная, 110; 250;	1,65; 3; 4,4; 4,9; 5,3; 5,6; 7,2; 9,2	5; 4; 5	9...12	10...35
7	Борона (луцильник) дисковая тяжёлая.	диски сферические, диски сферические вырезные. 45,0; 50,0; 52,0; 57,0; 65,0; 75,0;	3; 6,5; 7; 8,5; 11,8	3; 4; 5	10...15	5...15...20
8	Культиваторы для сплошной обработки почвы.	стрельчатые лапы; 25; 27; 30; 33; 37	3,6; 3,7; 3,9	1,4; 3	9...12	8...12
9	Плуг рыхлитель «Paraplow».	долото, ножи, лемехи, рыхлительная пластина 50	2,0	3	9...10	35

Таблица П 1.2 – Машины и агрегаты для поверхностной обработки почвы с совмещением нескольких технологических операций.

№ п/п	Наименование орудия	ширина захвата, м.	глубина обработки см.	класс энергетического рабочего	скорость км/ч	производительность га/ч.
1	Агрегат АГ-4 (5 стрельчатых лап, кольчатые катки и диски).	4	8...16	3, 4	8	2...3
2	Культиватор КН-7,2 (стрельчатые лапы и кольчатые катки).	7,2	8...16	4	8	6
3	Культиватор КПС-4Г.	4	5...12	-	12	4,8
4	Борона дисковая навесная БДН 1,6 (2,6).	2,5	8...14	1,4	9	2,25
5	Культиватор-рыхлитель универсальный КРУ-3,7	3,7	8...16	3	10	3,7
6	Культиватор КСН 4-01.	4	12	3	12	4,8
7	Культиватор тяжёлый КТ-3,9Г.	3,9	8...16	3	9	3,5
8	Культиватор противэрозионный КПЭ-3,6Г.	3,6	8...16	3	9	7,2
9		6	8...16	3	12	3,7
10	Рыхлитель выравнитель уплотнитель	3,7	8...16	3	10	5

11	РВУ-6. Культиватор комбинированный полунавесной ККП-3,7.	5	8...14	5	10	2,4
12		2	12	1,4	12	4,8
13	Агрегат комбинированный АКП-5. Культиватор КСМ-2.	4	12	2,3	7,1	1,7
14	Культиватор КСН-4,01 с одновременным боронованием (лапы, пружинная борона).	4	5...12	2,3	2	3,9
15	Культиватор КСП-4,01А(Б). Агрегат почвообрабатывающий комбинированный АПК-3,9.	3,9	5...12	3	7	4,6
					...	
					12	
16	Культиватор бесцепочный-КШУ (широкозахватный, универсальный со стрельчатыми лапами (330мм), роторной боронкой и рыхлительными лапами (150мм), составленный из трёх культиваторов КПС-2.	14,4	6...12	3	12	17,3
17	Рыхлители почвы для основной сплошной обработки после вспашки и предпосевной обработки: -рыхлитель ротационный РР-3,2; -фреза ФН-1,8; -культиватор вертикально-роторный КВР-3; -культиватор-плоскорез широкозахватный КПШ; -культиватор-чизельный с лапами (10, 65, 75, 150, 270мм).	3,2 1,8 3 8,2 77,2	12 10 6...10 4...12 6...12	3 1,4;2 2 3	9 2,5 4,0 9 10	2,8 0,45 1,0 7,2 7,2

Таблица П 1.3 – Почвообрабатывающе–посевные комплексы машин для минимальной обработки почвы.

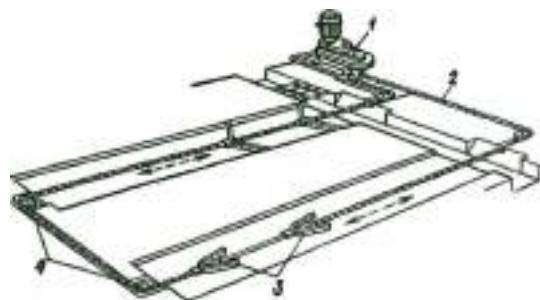
№/ п/п	Наименование орудия	ширина	глубина обработки см.	класс энергетического средства	рабочая скорость км/ч.	производительность га/ч.
1	Посевные агрегаты для сева напрямую на полях растительной мульчей и невысокой плотностью без основной обработки почвы	3,6	6-8	3,4	9-12	4,6
2	- комбинированный агрегат с рыхлящими волнистыми дисками и сеялкой СЗ-3,6А в широкозахватном агрегате;	5,6	6-8	3,4	7	4,7
3	комбинированный посевной агрегат и приспособлением в виде совмещённых с сеялкой СУПН-8 волнистых или плоских дисковых ножей, долотообразных сошников и прикатывающих катков;	4,5	6-8	3,4	17	8
4	- сеялка зерновая «Союз» СЗК-4,5, для посева зерновых: гречихи, проса, сорго и др. культур с одновременным внесением минеральных удобрений;	4,6 5	6,3	4,5	12	-

5	- посевной комплекс «Хорш» (СО-12);	12	6-8	4	12	-
6	- сеялка «Конкорд»; - - сеялка зерновая «Союз» СЗК-4,5, для посева зерновых: гречихи, проса, сорго и др. культур с одновременным внесением минеральных удобрений;	20	6-8		12	-
					12	-

Таблица П 1.4 – Средства механизации получения органических удобрений из навоза

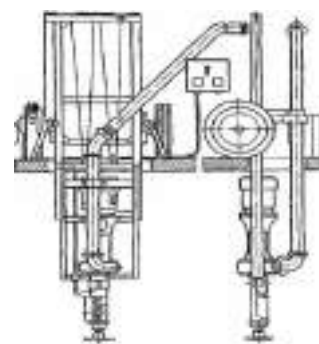
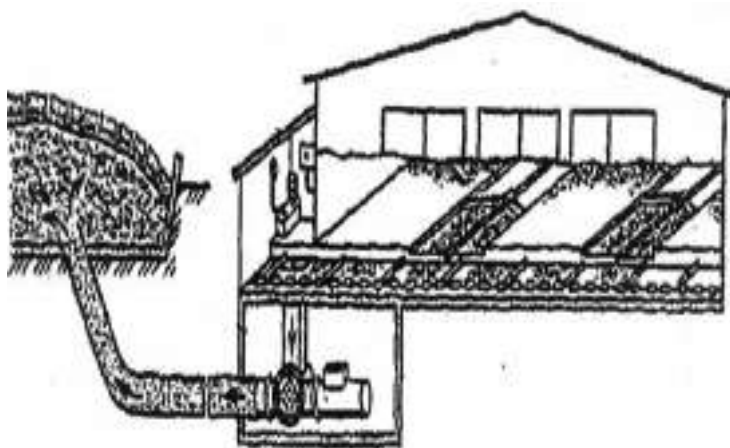
1. Общие виды решеток и применяемые профили	
2. Средства уборки навоза::	
Скребокый транспортёр ТСН-160	
1 – шкаф управления; 2 – приводная станция; 3 – натяжное устройство; 4 – цепь со скребками; 5 – поворотные звездочки; 6,7 – горизонтальный и наклонный транспортер	
Система скреперных транспортеров ТС-1-2 и ТС-1-5	

Скреперная установка для уборки навоза УС-250 (б):



а) 1 – приводная станция; 2 – поддерживающие блоки; 3 – ролик; 4 – поворотные блоки; 5 – цепь; 6 – решетка пола; 7 – тяги; 8 – скреперная тележка; 9 – натяжное устройство рабочего контура; б) 1 – приводная станция; 2 – цепь; 3 – скребки; 4 – поворотные ролики

Установка для транспортирования навоза типа УТН-10 (а) и насос НЖН-200 (б)



а

б

Хранилища для полужидкого навоза и хранилища для жидкого навоза



а

б

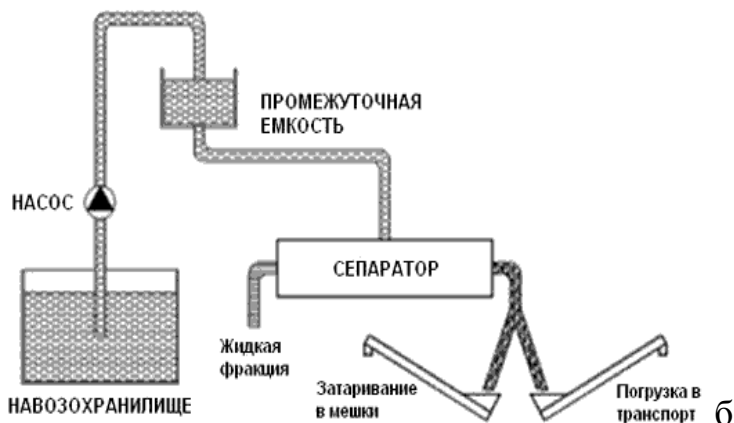
в

Современные хранилища для полужидкого навоза (а), фотографии хранилищ для жидкого навоза земляные с полимерным дном (б) и бетонные (в)

Сепаратор»



а

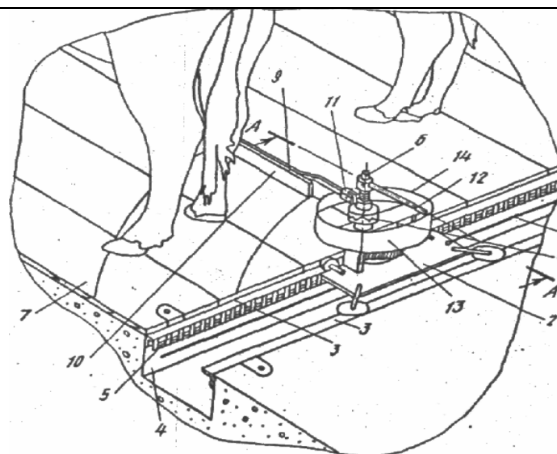


б

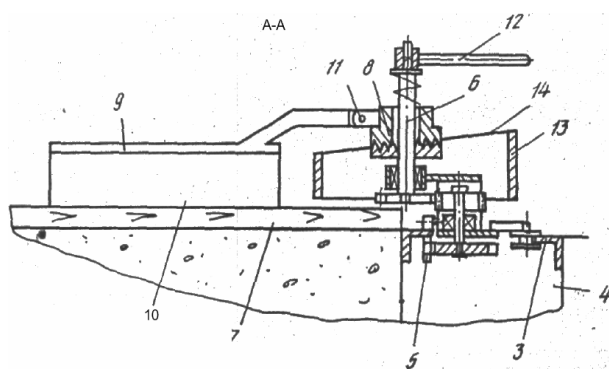
Сепаратор (а), Технологическая схема обезвоживания (б)

3. Средства, разработанные согласно порученным заданиям [29-33]:

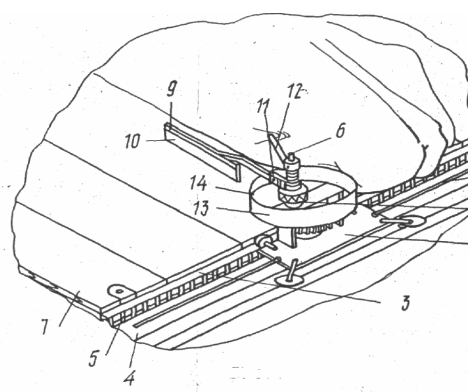
– механический очиститель стойл [137, 138, 143, 144, 170- 185]



а



б



в

Схема устройства для очистки концов стойл

а – разрез А-А; б и в – вид общий (аксонометрия)

- 1 – реверсивный тяговый орган; 2 – каретка; 3 – направляющие каретки;
- 4 – навозный канал; 5 – цевочная рейка; 6 – вал; 7 – стойло; 8 – храповый узел;
- 9 – чистик; 10 – эластичная часть; 12, 13 – приспособления для подъёма коров;
- 14 направляющая чистика

– машина для разбрасывания подстилки и уборки навоза из стойл» [182]

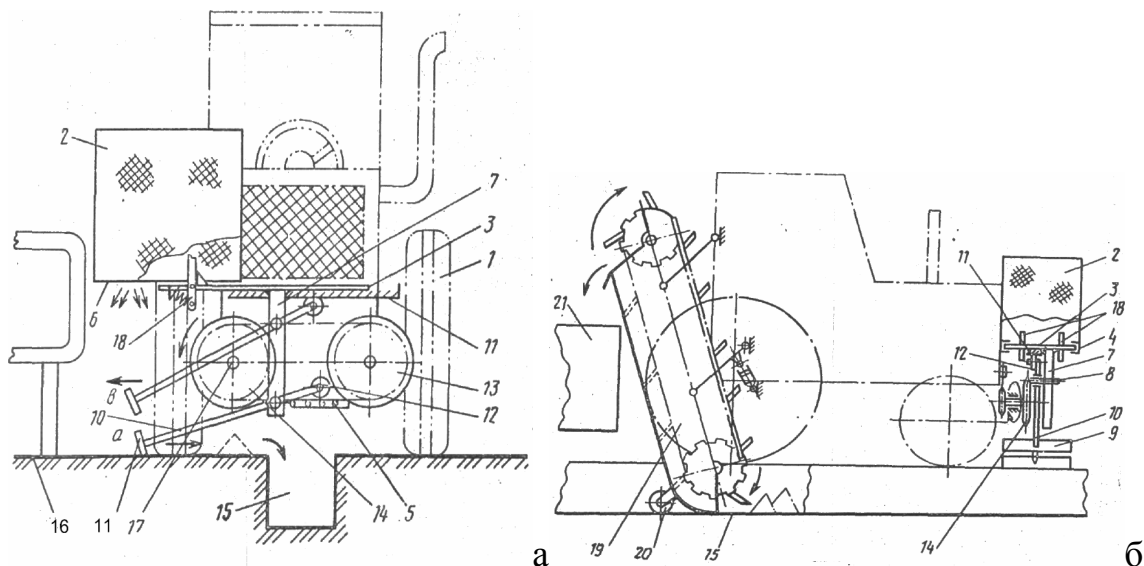


Схема машины для разбрасывания подстилки и уборки навоза из стойл:

а – вид спереди; б – вид сбоку

- 1 – самоходное шасси; 2 – бункер для подстилки; 3 – заслонка; 4 – направляющие;
 5 – тяга; 6 – днище; 7 – рычаг; 8 – палец; 9 – скребковый орган; 10 – штанга;
 11 – планка; 12 и 20 – ролики; 13, 14 – звёздочки; 15 – навозный канал;
 16 – пол стойла; 17 – вал; 18 – рыхлители; 19 – наклонный транспортёр; 21 – бункер

– машина для разбрасывания подстилки и удаления навоза» [183]

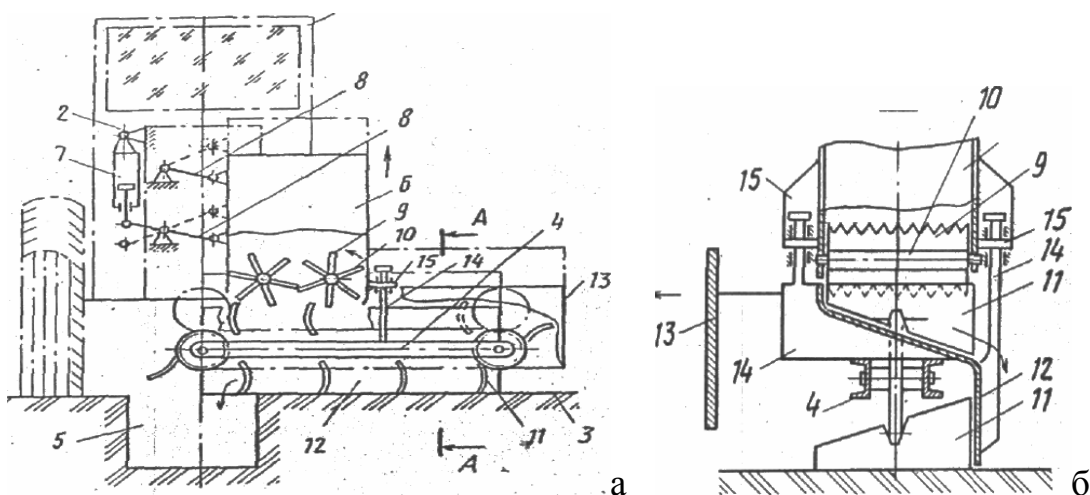
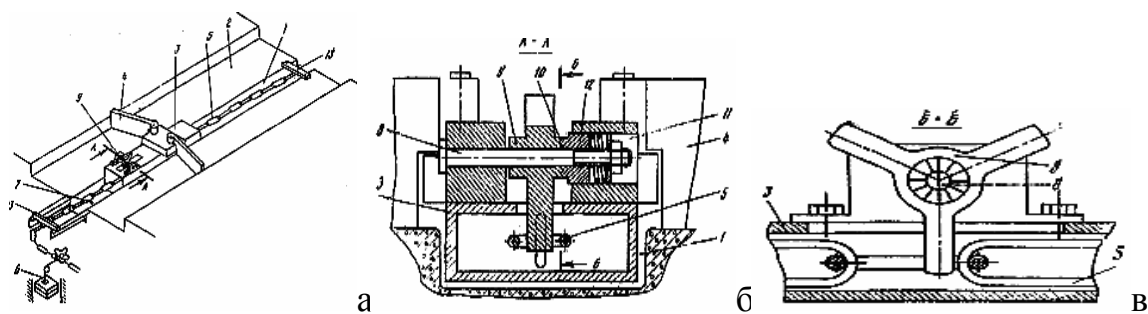


Схема машины для разбрасывания подстилки и уборки

навоза из стойл: а – вид спереди; б – разрез А-А

- 1 – самоходное шасси; 2 – рама; 3 – стойло; 4 – скребковый транспортёр;
 5 – навозный канал; 6 – бункер для подстилки; 7 – гидроцилиндр;
 8 – система рычагов; 9 – рыхлитель; 10 – ось; 11 – скребки;
 12 – L-образная пластина; 13 – кожух; 16 – наклонный транспортёр

– устройство для уборки навоза» [168]

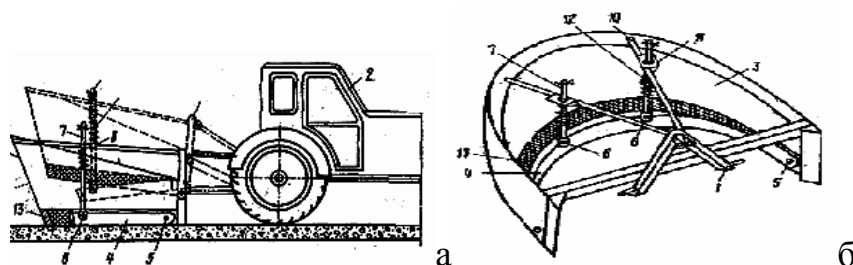


Устройство для уборки навоза:

а – вид общий (аксонометрия); б – разрез А-А; в – разрез Б-Б

1 – направляющая; 2 – канал; 3 – ползун; 4 – скребки; 5 – цепь; 6 и 7 – натяжитель цепи и датчик для реверса; 8, 7, 9, 10, 11, 12 – предохранительный механизм; 13 – упор.

– устройство для уборки навоза» [170]

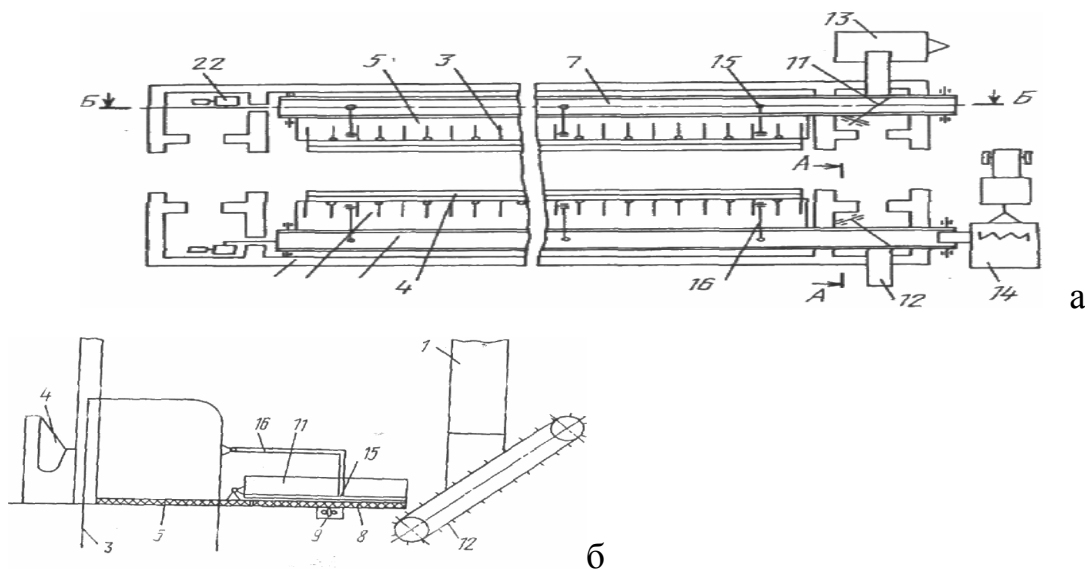


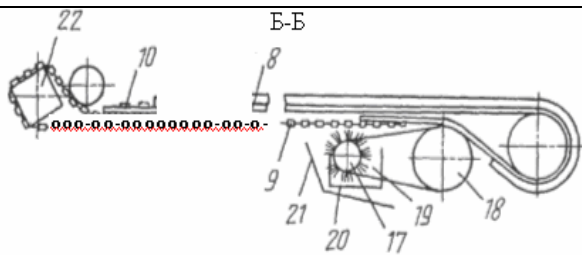
Устройство для уборки навоза:

а – вид сбоку; б – вид общий (аксонометрия)

1 – навеска; 2 – трактор; 3 и 4 – основной и дополнительный скребки; 5, 6 – шарниры; 7 – штанги; 8, 9 – упоры; 10 – стержни; 11 – втулки; 12 – пружины; 13 – уплотнитель

– устройство для уборки навоза из животноводческих помещений» [225]





В

Схема устройства для уборки навоза из животноводческих помещений:

транспортёр в «Устройстве для содержания животных» [224]

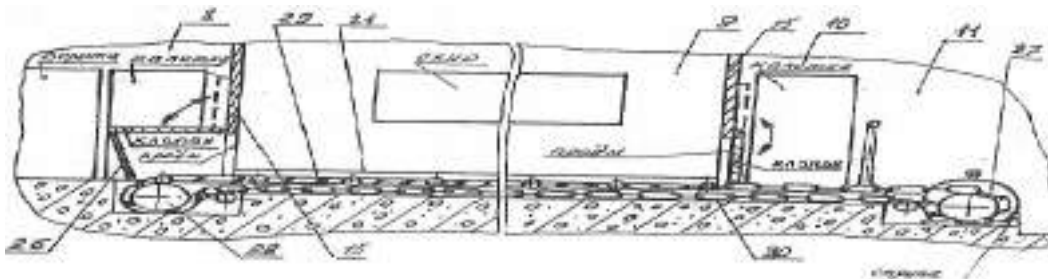


Схема «Транспортера» для подготовки и уборки компоста:

8 и 10 – поперечный проезд и проход; 9 – помещение для коров; 11 – помещение для сбора остатков кормов и подготовленного к переработке термофильными бактериями компоста из навоза и подстилки; 15 – стены; 26 – приемный бункер; 27 – приводная станция; 28 – кольцевой контур; 29 – эластичные пластины; 30 – якорная цепь.

установка для разделения навоза на фракции [127, 175]

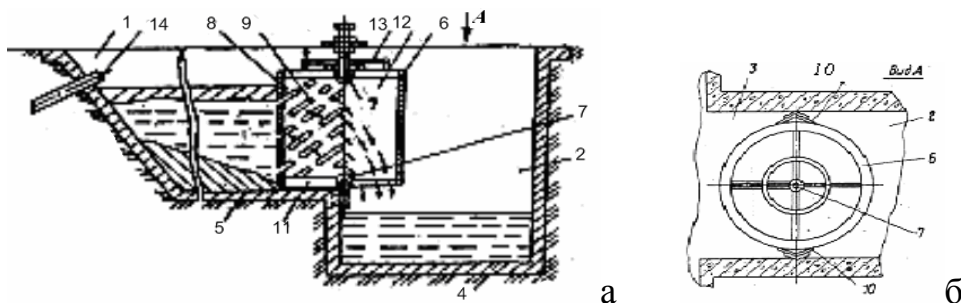


Схема «Установки для разделения навоза на фракции»:

а – продольный разрез установки; б – вид – А

1 – накопительная емкость; 2 – жижеприемник; 3 – разделительная камера; 4 – днище жижеприёмника; 5 – днище накопительной камеры; 6 – полый цилиндр; 7 – ось; 8 – часть боковой поверхности цилиндра с прорезями; 9 – прорези; 10 – чистики; 11 – сталкиватель; 12 – часть боковой поверхности цилиндра без прорезей (сплошная); 13 – маховик

«Устройство для обезвоживания навозных стоков» [171, 176]

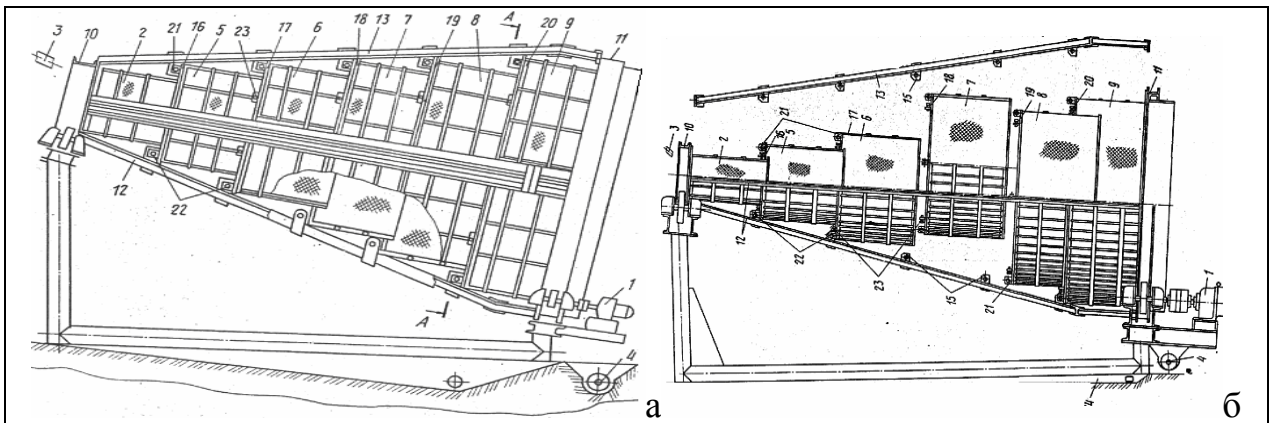


Схема устройства для обезвоживания навозных стоков:

а – схема обезвоживателя; б – схема демонтажа секции

«Разделитель навоза на фракции» [200]

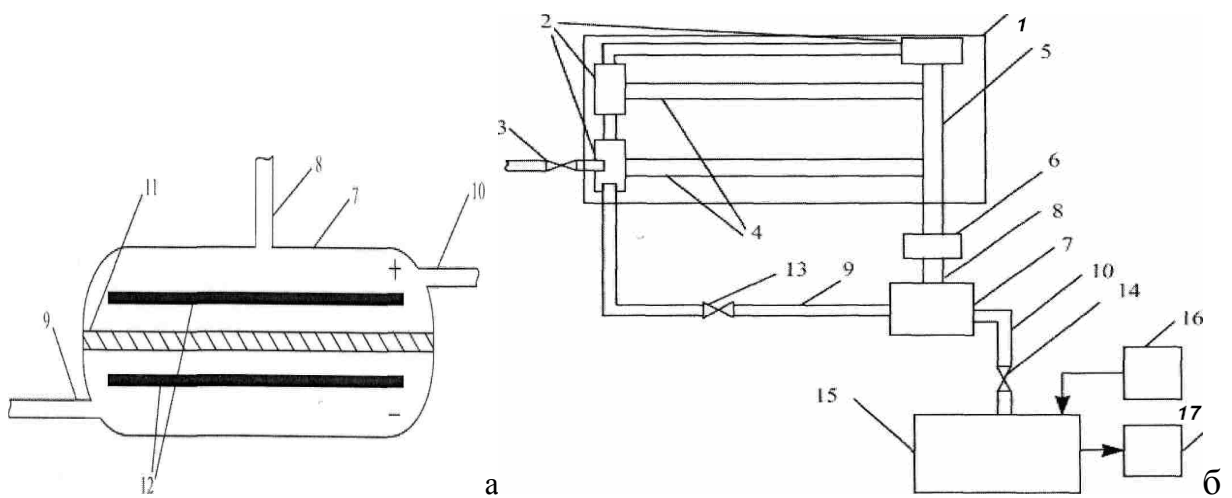


Схема «Разделителя навоза на фракции»:

а – схема устройства электролизёра; б – схема разделителя навоза на фракции

«Устройство для приготовления органических удобрений» [180]

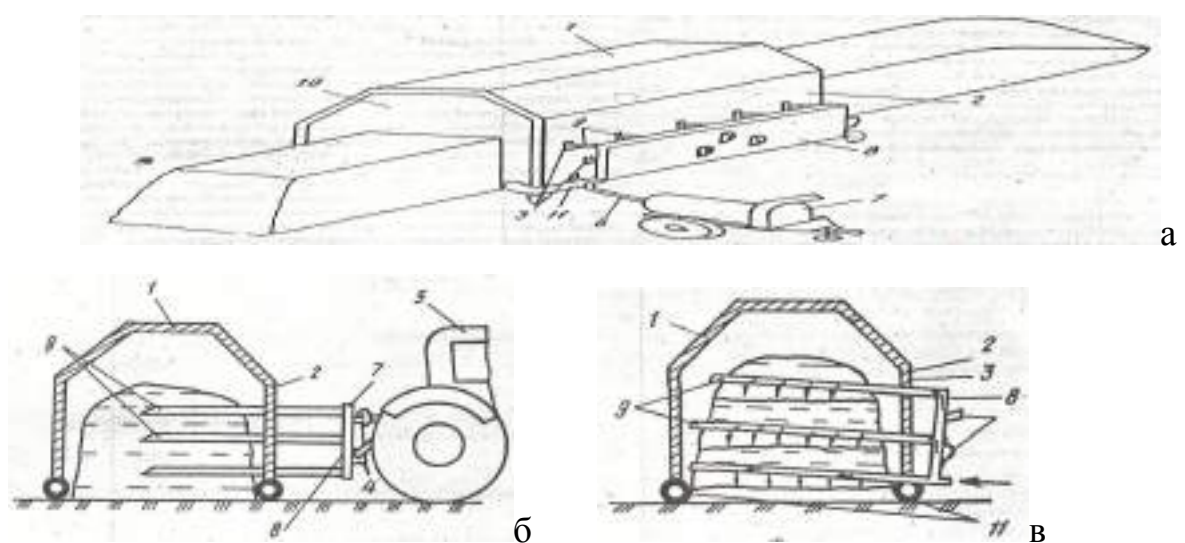


Схема устройства приготовления органических удобрений:

а – общий вид (аксонометрия); б и в – поперечные разрезы при продувке и рыхлении

«Способ получения компоста и устройство для его осуществления» [205]

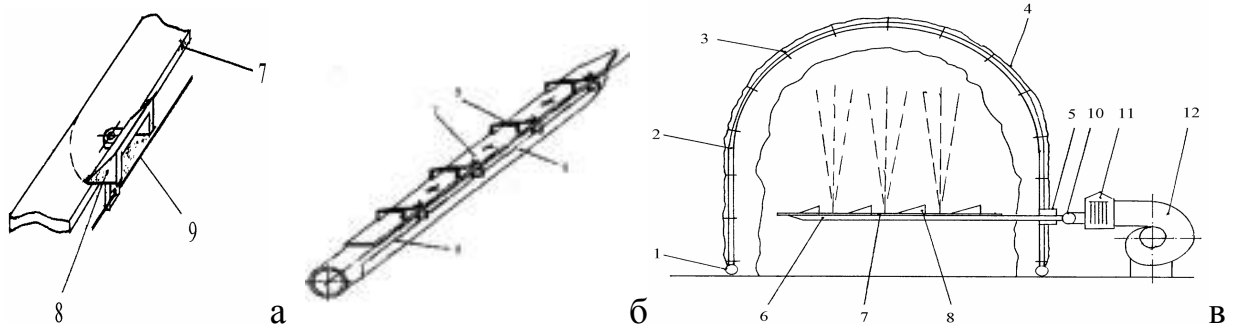
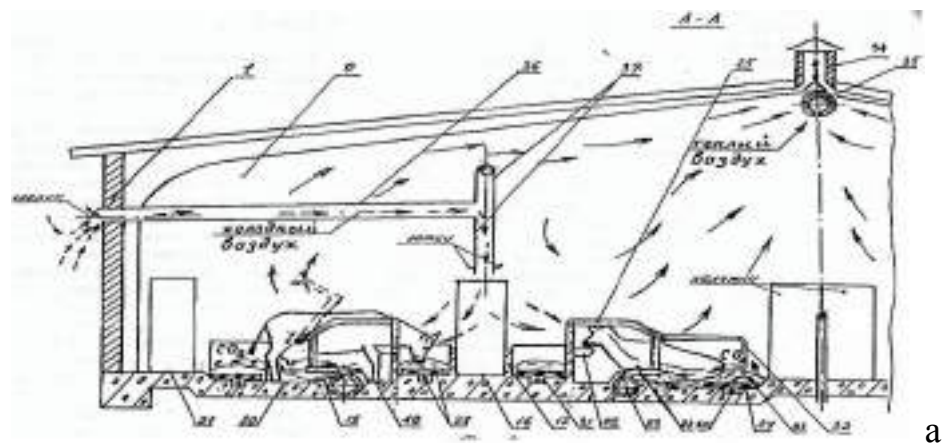


Схема устройства для осуществления способа:

а – захват; б – перфорированная труба; в – общий вид устройства

конструктивно-технологическое решение для содержания животных приготовления и ферментации компоста, сбора и ассимиляции газов [126, 224]



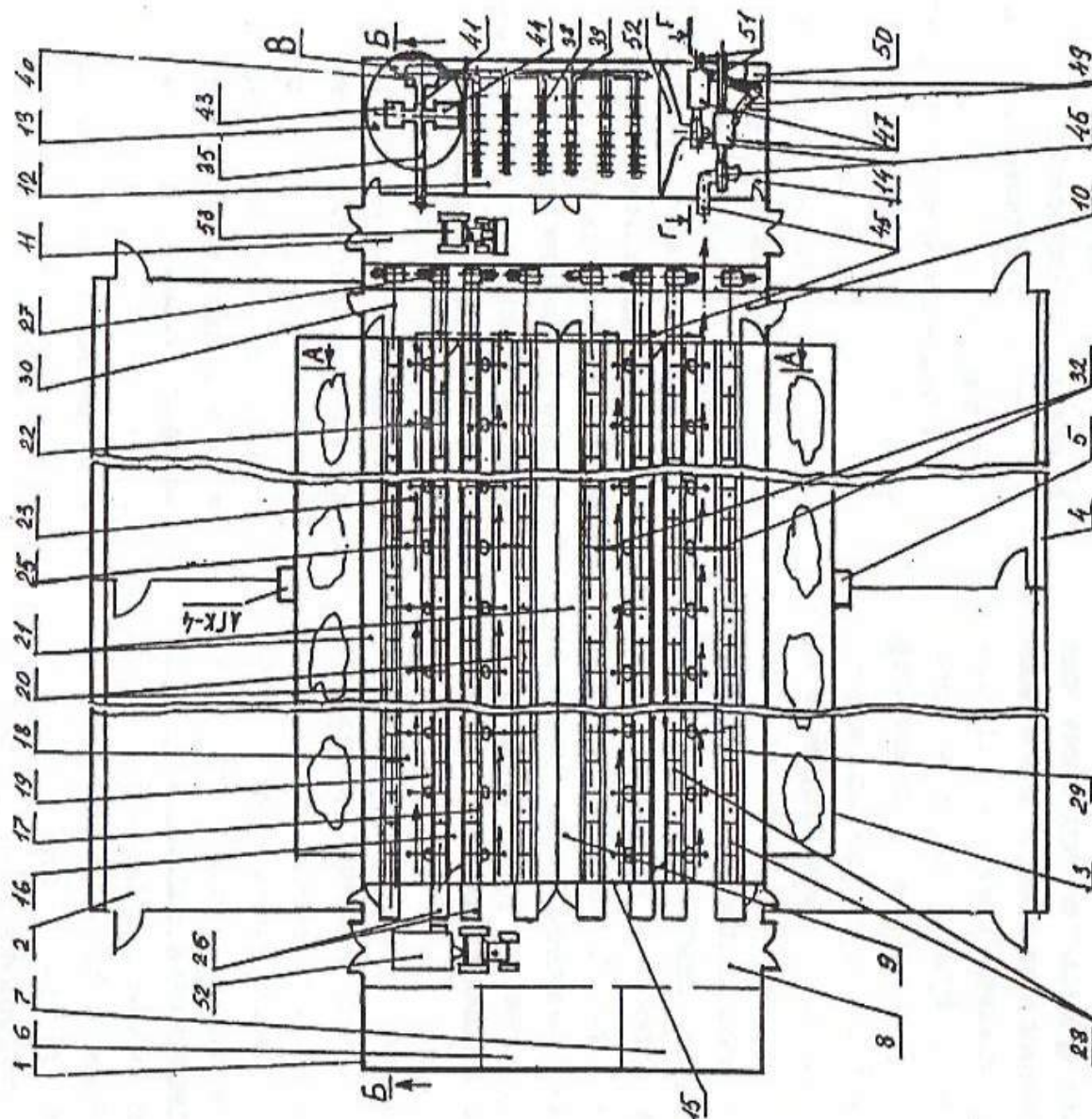


Схема устройства для содержания животных:

а – разрез А-А; б – вид коровника в плане

4. Расчёты затрат энергии при приготовлении и ферментации компоста

Из получаемого гидросмывом жидкого, полужидкого при привязном содержании с уборкой очистителем + ТНС-160 и удалением УТН-10, и при беспривязном содержании, а также из твёрдого навоза при периодически сменяемой подстилке.

4.1. Затраты энергии на получение компоста из жидкого навоза и его ферментацию. При этом количество воды q_B для одноразового прямого смыва экскрементов – 40-50кг/гол. Количество смывов экскрементов в сутки $n_c=2$. Тогда масса навоза, полученная от ста голов в год, влажностью 98% определится как

$$m_n = 365 \cdot 100 \cdot n_c \cdot q_B,$$

а после подстановки получим $m_n = 3650000$ кг/гол.

Необходимое количество соломы влажностью 15% для получения компоста, влажностью 70%

$$m_c = k \cdot m_n,$$

где $k = (98-70)/(70-15) = 0,5$.

После подстановки получим, что $m_c = 1825$ т. Время измельчения соломы

$$t_u = 1825/12 = 152 \text{ ч.}$$

Затраты энергии на измельчение соломы агрегатом Т150 + ИРТ165 равны,

$$Z_u = 160 \cdot 152 = 24320 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на транспортирование жидкого навоза при времени загрузки $T = 1825/100 = 18,25$ ч определяются как

$$Z_m = 70 \cdot 18,25 = 1277,5 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на перемешивание

$$Z_n = 69,9 \cdot 7,5 \cdot 52 = 27261 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на ферментацию

$$Z_\phi = 2,1 \cdot 7,5 \cdot 365 = 5749 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на погрузку и выгрузку ферментатора при затратах времени $T_{нв} = 1825/4,5 = 405,6$ ч равны

$$Z_{нв} = 57 \cdot 405,6 = 23119,2 \text{ кВтч.}$$

Итого затрат энергии $Z_{ж} = 81726,7$ кВтч.

4.2. Затраты энергии на ферментацию полужидкого навоза при привязном содержании с уборкой очистителем + ТНС-160 и удалением УТН-10, и при беспривязном содержании

Масса навоза, влажностью 92% определится как

$$m_n = 100 \cdot 50 \cdot 365 = 1825000 \text{ кг.}$$

Затраты энергии на уборку помещений

$$Z_{уб} = 1,1 \cdot 6 \cdot 0,75 \cdot 365 = 1807 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на измельчение соломы, которой необходимо в количестве

$$m_c = m_n \cdot k_{m_c}, \quad (\text{П 4.1})$$

где

$$k_{m_c} = (92 - 70)/(70 - 15) = 0,4,$$

тогда

$$m_n = 730000 \text{ кг.}$$

Время работы измельчительной установки

$$T_u = 730/12 = 61 \text{ ч.}$$

Затраты энергии на измельчение соломы

$$Z_u = 161 \cdot 61 = 9760 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на двойную погрузку соломы

$$Z_n = 2 \cdot 57 \cdot 162 = 18468 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на транспортирование соломы

$$Z_{т.с.} = 32 \cdot 33,24 = 1062,4 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на транспортирование навоза в хранилище при затратах времени транспортировки $T_{т.н.} = 0,08$ ч

$$Z_{т.н.} = 365 \cdot 6 \cdot 0,08 = 700,8 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на загрузку и выгрузку ферментатора (агрегат МТЗ-80 + ПЭ-08Б)

$$Z_{з.в.} = 57 \cdot 2 \cdot 52 / 4,5 = 1317 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на ферментацию (установленная мощность $N = 2,1$ кВт, время ферментации $T_{\phi} = 3$ ч)

$$Z_{\phi} = 2,1 \cdot 3 \cdot 365 = 2300 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на перемешивание ($N = 69,9$ кВт, $T_{пер} = 3$ ч)

$$Z_{пер} = 69,9 \cdot 3 \cdot 52 = 10904 \text{ кВтч.}$$

Общие затраты энергии при данной технологии производства ОУ типа "Фермвей"

$$Z_{н\phi} = \sum Z_j = 45257 \text{ кВтч.}$$

4.3. Затраты энергии на получение ОУ из твёрдого навоза при периодически сменяемой подстилке.

Загрузка дробилки измельчителя рулонами. Необходимое количество соломы на 100гол. и семидневный период – 3,5т. Погрузчик ПЭ-0,8Б на базе МТЗ-80 (мощность трактора $N = 57$ кВт, производительность погрузчика $\Pi_n = 4,5$ т/ч, время погрузки $T_n = 0,8$ ч) тогда затраты энергии равны

$$Z_n = 57 \cdot 0,8 = 45,6 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на измельчение соломы при $N = 57$ кВт, $\Pi_u = 4,5$ т/ч, $T_u = 0,8$ ч

$$Z_u = 57 \cdot 0,7 = 39,9 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на транспортировку и раздачу соломы (агрегат МТЗ-80+КТУ-10А с наставленными бортами емкостью 15м^3 грузоподъемностью 2,142т, т.е. необходимо 2 рейса) при $T_p = 0,8$ ч.

$$Z_p = 57 \cdot 0,8 \cdot 2 = 91,2 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии при уборке помещения: масса навоза $m_n = 50 \cdot 50 \cdot 7 = 17500$ кг, масса соломы $m_c = 5 \cdot 50 \cdot 7 = 1750$ кг

Вес компоста (навоза и соломы)

$$G_k = 0,9(17500 + 1750) \cdot 9,8 = 170 \text{ кН,}$$

где 0,9 – коэффициент учитывающий испарение влаги, а 9,8 – г.

Сила сцепления

$$P_{сц} = f \cdot G_k, \quad (\text{П } 4.2)$$

где f коэффициент продольного сцепления резины с бетонным покрытием (0,4-0,6) [79].

Тогда необходимая мощность $N = P \cdot v$, $N = 170 \cdot 0,09 = 15,3$ кВт, затраты энергии на уборку $Z_y = 2 \cdot 15,3 \cdot 0,5 = 15,3$ кВтч.

Затраты энергии на получение углекислоты или вентилирование

$$Z_{вен} = 7 \cdot 4,5 \cdot 3 = 94,5 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на буртование компоста $Z_a = 57 \cdot 2 = 114$ кВтч.

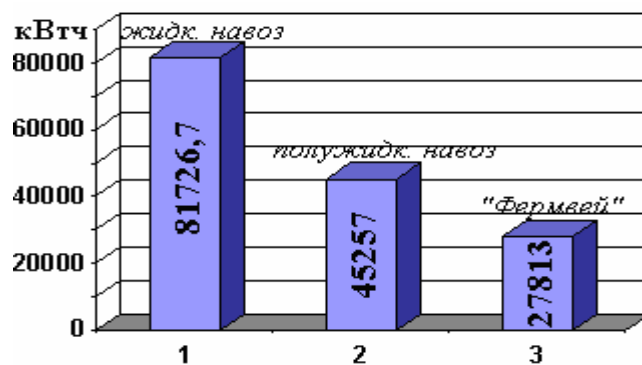
Затраты энергии на ферментацию (при мощности нагнетающего вентилятора – 1,1 кВт, отсасывающего вентилятора – 0,6 кВт, озонатора – 1кВт, времени – 3ч, за 7 суток)

$$Z_{\phi} = (1,1 + 0,6 + 1) \cdot 1 \cdot 7 = 18,9 \text{ кВтч.}$$

Затраты энергии на выгрузку $Z_{\epsilon} = 57 \cdot 2 = 114 \text{ кВтч.}$ Всего затрат энергии на 100гол

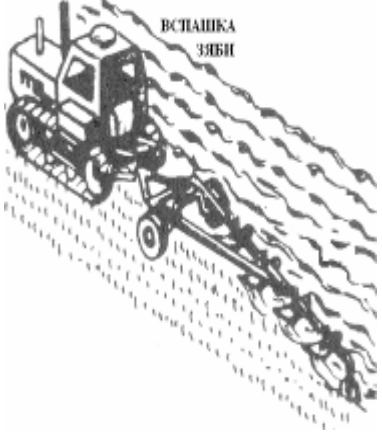
$$Z_m = 365/7 \cdot (45,6 + 39,9 + 91,2 + 15,3 + 94,5 + 114 + 18,9 + 114) = 27813 \text{ кВтч.}$$


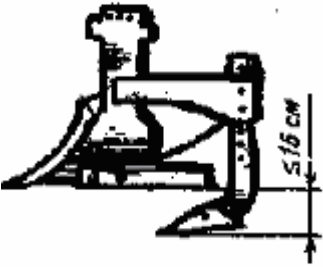
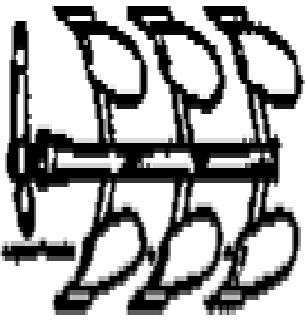
4.4. Затраты энергии на получение органических удобрений типа "Фермвей", из полужидкого и жидкого навоза



Затраты энергии на получение органических удобрений типа "Фермвей" от 100 гол КРС из жидкого навоза, полужидкого и «твердого» навоза

Таблица П2.1 – Параметры, рабочие органы, показатели качества при основной обработке почвы при отвальной системе

Приёмы обработки почвы, технологические и технические параметры средств,	Рабочие органы, общий вид (схема) машины	Параметры (показатели) качества
1	2	3
<p>1. Вспашка полупара плугом (ПУМ-8×40):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Корпус культурный (или «Дельфин»); - m – 2200 кг; - V_p – 7-10 км/ч; - Π – 1,9-3,6 га/ч; - a – 18-30 см; - $v_{л}$ – 40 см; - B_m – 2,8-3,6 м; 	 	<ul style="list-style-type: none"> - Комковатость-20-25 % - Отклонение отметок $\pm 0,28-0,4$ м; - Свальные и развальные борозды; - Эрозия из-за переворота пласта; - Уплотнение дна – есть; - Расход топлива – 24 кг/га; - Необходимо дополнительно – 5-7 проходов дисковой бороной, максимум до 17 проходов или время; - Имеется – консервация семян сорняков;

1	2	3
<p>2. Вспашка тяжелых засоренных и переувлажненных почв в рисовых чеках плугом с дисковым корпусом:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $n_d - 4$; - Агр. с тр. – кл 3; - $m - 680$ кг/м; - $V_p - 6$ км/ч; - $P - 4$ га/ч; - $a - 25-35$ см; - $D_{disc} - 650-750$ мм; - $B_m - 1,5$ м; - Угол атаки – $40-45^\circ$; 	 <p>Рабочий орган плуга</p> <p>Профиль дна борозды дискового плуга</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Комковатость согласно агротребованиям – 20%; - Уплотнение дна – отсутствует; - Дополнительные обработки – необходимы 5-7 прохода дисковой бороной; - Свальные и развальные борозды – имеются; - Расход топлива 28 кг/га;
<p>3. Отвальная вспашка полупара (зяби), плугом с углубителем для одновременного углубления пахотного слоя на 6-15 см:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Агр. с тр. – кл 6; - $v_k - 30-35$ см; - $v_d - 26-30$ см; - $V_p - 7-10$ км/ч; - $P - 1,9-2,6$ га/ч; - $a - 18-30$ см; 		<ul style="list-style-type: none"> - Комковатость согласно агротребованиям – 20 %; - Отклонение отметок по $\pm 0,28-0,4$ м; - Свальные и развальные борозды – имеются; - Расход топл. – 33,2 кг/га; - Рыхлит дно борозды без перемешивания; - Необходимо дополнительно – 3-4 прохода дисковой бороной;
<p>4. Вспашка полупара оборотным плугом ПОН-7×45:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Агр. с тр. – кл 6; - $v_k - 45$ см; - $B_m - 3,15$ м; - $V_p - 7-10$ км/ч; - $P - 3,15$ га/ч; - $a -$ до 30 см; - $m - 2600$ кг; 		<ul style="list-style-type: none"> - Комковатость согласно агротребованиям – 20 %; - Эрозия из-за переворота пласта; - Расход топл. – 27,4 кг/га; - Необходимо дополнительно – 3-5 прохода дисковой бороной; - Отсутствие свальных и развальных борозд (гладкая пахота); - движение – челночное


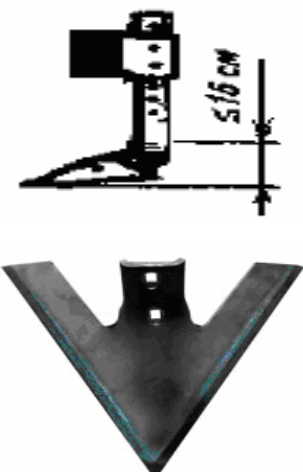
1	2	3
<p>1. Лушение плугом ППЛ-10-25:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3; -a – до 16 см; -B_m – 2,5 м; -v_l – 25 см; -V_p – 10 км/ч; -Π – 2,5 га/ч; -m – 920 кг; 		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 30 %; -Отклонение отметок по высоте $\pm 0,14-0,2$ м; -Свальные и развальные борозды – имеются; -Расход топлива 13,8 кг/га;

Таблица П2.2 – Параметры, рабочие органы, показатели качества при безотвальной системе обработке почвы, в том числе и для глубокой

Операции безотвальной обработки почвы, геометрические и технологические параметры	Рабочие органы, общий вид машины	Параметры (показатели) качества
1	2	3
<p>1. Сплошная культивация КПЭ-3,8-Г:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3; -V_p – 6-9 км/ч; -v_l – 270-330 мм; -B_m – 3,91 м; -Π – 2,35-3,52 га/ч; -a – 12-16 см; -m – 830 кг; 	<p>со стрельчатой лапой</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 80-90 %; -Расход топл. 9,8 – 14,7 кг/га; -Необходимо дополнительно – 1 проход дисковой бороной;

1	2	3
<p>2.. Рыхление полу-пара плоскорезом-глубокорыхлителем ПГ 3-100:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3; -Кол. раб. орг. – 3; -a – 30 см; -$v_{дл}$ – 110 см; -$B_{м}$ – 3,1 м; -Π – 2,45-3,5 га/ч; -$V_{р}$ – 7-10 км/ч; 		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 30 %; -Расход топлива 11,1-14,1 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнение почвы – присутствует; -Необходимо дополнительно – 2 прохода дисковой бороной; -Необходима борьба с сорняком;
<p>3. Рыхление полу-пара плугом ПЧН-3,2:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3; -a – до 20 см; -$V_{р}$ – 9 км/ч (2,5 м/с); -Π – 2,9 га/ч; -$B_{м}$ – 3,2 м; -$v_{дл}$ – 500 мм; -Кол. раб. орг. – 7; -m – 740 кг; 	 <p>Рабочие органы: стойка, треугольная лапа, ворошители</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 30 %; -Расход топлива – 11,9 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; -Необходимо дополнительно – 2 прохода дисковой бороной;
<p>4. Глубокая обработка – Рыхление полупара чизельным плугом ПЧ-4,5:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 6; -Кол. раб. орг. – 17; -a – 30-45 см; -$v_{дл}$ – 50-70 мм; -$B_{м}$ – 4,5 м; -Π – 3,2 га/ч; -$V_{р}$ – 7-10 км/ч; -m – 1900 кг; -Рядов раб., органов – 2; 		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 30 %; -Расход топлива – 24,7 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; -Необходимо дополнительно – 2-3 прохода дисковой бороной;

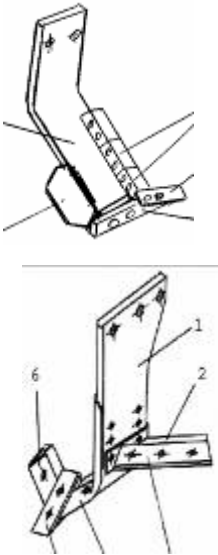

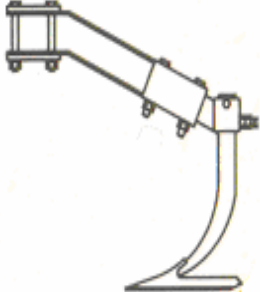


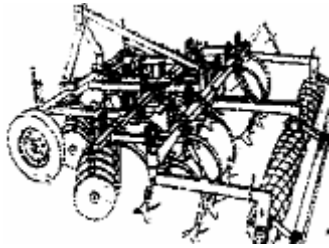
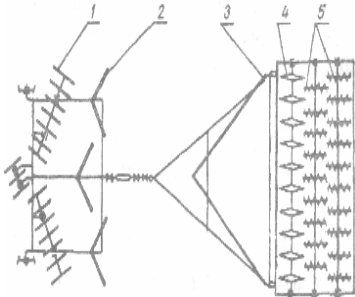
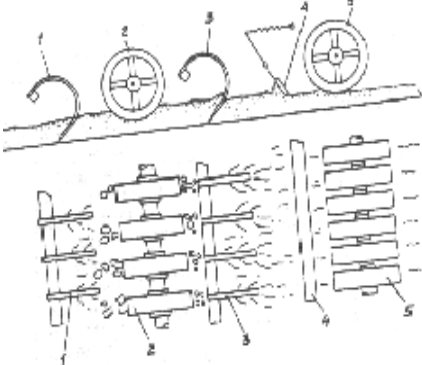
1	2	3
<p>5. Рыхление плугом «Параплау» (комбинированным с горизонтальным лемехом):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3; -a – 35 см; -a_z – 8-10 см; -V_p – 9 км/ч (2,5 м/с); -П – 2,88 га/ч; -B_m – 3,2 м; -Кол. раб. орг. – 10; -m – 2200 кг; 		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 40-50 %; -Расход топлива 12 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Уплотнения почвы – нет; -Необходимо дополнительно – 1-2 прохода дисковой бороной;
<p>6. Рыхление зяби и накопление талых вод:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 5; -a – до 40 см; -V_p – 6 км/ч; -П – 2,4 га/ч; -B_m – 4 м; -$B_{дл}$ – 500 мм; 		<ul style="list-style-type: none"> -Осуществляет безотвальное рыхление зяби в двух уровнях с одновременным дренированием; -Расход топлива 29,9 кг/га
<p>7. Предпосевная обработка почвы – Рыхление стрельчатой лапой размером 305×330:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3; -a – 8-16 см; -V_p – 10-12 км/ч; -П – 3,52 га/ч; -B_m – 3,9 м; -m – 860 кг; 		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 95 %; -Расход топлива – 9,8 кг/га; -Переворота пласта – нет; -Дно – ровное, плотное, укатанное, но не совсем (т.к. есть гребнистость небольшая); -Операций – 1;

Таблица П2.3 – Параметры, рабочие органы, показатели качества при поверхностной и мелкой системе обработке почвы, в том числе комбинированной

Техническая характеристика средств	Рабочие органы, общий вид машины	Параметры (показатели) качества
1	2	3
<p>1. Лушение (предпосевное рыхление); борона дисковая (БДП-3):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 2; -V_p – 7-10 км/ч; -\varnothing гладкого (вырезного) диска – 440 мм (450 мм); -угол атаки – 10, 14, 18, 22°; -B_m – 3 м; $П$ – 3 га/ч; a – 6-10 см; m – 670 кг; 		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 80-85 %; -Расход топлива до 11 кг/га; -После двух-трех проходов комковатость согласно агротребованиям – 100 %; -Уплотнение дна – присутствует;
<p>2. Борона дисковая (БДФ 3×2П):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3; -V_p – 12-20 км/ч; -Диаметр диска – 450 мм; угол атаки – 15-35°; B_m – 3 м; $П$ – 3,2-5,7 га/ч; a – до 18 см; кол. раб. орг. – 24; m – 1215 кг; 		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость-100 %; -Расход топлива 6,05-9,58 кг/га; -Имеется – уплотнение почвы; -Плотное ровное ложе – отсутствует; -Работоспособность без тех. ухода – 1000 га;
<p>3. Рыхление полупара дисковым плугом-луцильником:</p> <p>Агр. с тр. – кл 4;</p> <p>m – 1680 кг;</p> <p>V_p – 8-16 км/ч;</p> <p>$П$ – 4 га/ч; a – 6-15 см; D_{disc} – 650-750 мм; B_m – 3,2 м;</p> <ul style="list-style-type: none"> -число рядов рабочих органов – 4; -кол. раб. орг. – 28; 		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 70 %; -Отклонение отметок по вертикали $\pm 0,14-0,2$ м; -Свальные и развальные борозды – имеются; -Расход топлива – 10,8 кг/га; -Необходимо дополнительно – 1 проход дисковой бороной;

1	2	3
<p>4. Рыхление полу-пара бороной дисковой тяжелой БДТ-3:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3; -m – 1750 кг; -V_p – 6-12 км/ч; -$П$ – 1,7-2,1 га/ч; -a – 25 см; -a, при лущении стерни – 12 см; -D_{disc} – 650 мм; -B_m – 3 м; -Рядов – 2; -Кол. раб. орг. – 26; 		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 90 %; -Уплотнение почвы – присутствует; -Расход топлива – 16,4 кг/га; -Необходимо дополнительно – 1 проход дисковой бороной (после двух проходов комковатость согласно агротребованиям – 100 %); -Уплотнение дна – имеется
<p>5. Лущение, Предпосевное рыхление, (Рыхление пара от ПЛН-3-35П до ППЛ-10-25):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3; -a – до 12 см; 6-14 см; 16-18 см; -B_m – 2,5 м; -v_l – 25 см; -V_p – 7-10 км/ч; -$П$ – 1-1,57 га/ч; -m – 920 кг; 		<ul style="list-style-type: none"> -Комковатость согласно агротребованиям – 20 %; -Отклонение отметок по высоте $\pm 0,14-0,2$ м; -Свальные и развальные борозды – имеются; -Расход топлива – 21,9 кг/га;
<p>6. Обработка почвы агрегатом КПК-4:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 2; -a – 6-15 см; -V_p – 6-10 км/ч; -$П$ – 2,2-2,7 га/ч; -B_m – 4 м; -m – 1120 кг; 	<p style="text-align: center;">Предпосевная обработка почвы</p>  	<ul style="list-style-type: none"> -Подрезание сорняков, вычесывание сорняков, выравнивание, прикатывание и измельчение пожнивных; -Расход топлива – 8,52 кг/га; -Комковатость -100 %;

1	2	3
<p>7. Рыхление агрегатом БДМ-4×4 ПС со шлейф-катком:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3; -m – 2260 кг; -V_p – 6-10 км/ч; -a – 8-16 см; -B_m – 4 м; 		<ul style="list-style-type: none"> -Расход топлива – 22 кг/га; -Подрезание сорняков, измельчение пожнивных остатков, прикатывание, выравнивание, мульчирование; -Комковатость -100 %;
<p>8. Рыхление агрегатом почвообрабатывающим комбинированным со стрельчатыми лапами :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3; -a – 6-8; 8-16; 4-6 см; -V_p – 6 км/ч; -Π – 2,4 га/ч; -B_m – 4 м; 		<ul style="list-style-type: none"> -Расход топлива – 14,4 кг/га; -Выравнивание подрезание сорняков вычесывание сорняков измельчение пожнивных прикатывание мульчирование; -Комковатость -100 %;
<p>9. Рыхление агрегатом почвообрабатывающим комбинированным АКП-2,7:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3 -a – 8-14 см; -V_p – 9 км/ч; -Π – 2,4 га/ч; -B_m – 2,7 м; -m – 2340 кг; 		<ul style="list-style-type: none"> -Расход топлива – 14,4 кг/га; -Выравнивание, подрезание сорняков, вычесывание сорняков, измельчение пожнивных, прикатывание, мульчирование; -Комковатость – 100 %;
<p>10. Рыхление агрегатом почвообрабатывающим комбинированным РВК-3,6:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 3; -a – 6-8 см; -V_p – 7 км/ч; -Π – 2,92 га/ч; -B_m – 3,6 м; -m – 2500 кг 		<ul style="list-style-type: none"> -Расход топлива – 11,8 кг/га; -Выравнивание, вычесывание сорняков, прикатывание, мульчирование; -Комковатость -100 %;

1	2	3
<p>11. Рыхление агрегатом почвообрабатывающим комбинированным КАО с лапами ВНИП-ТИМЭСХ:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Агр. с тр. – кл 5; -a – 6-8; 8-16; 4-6 см; -V_p – 7-9 км/ч; -Π – 3,2 га/ч; -B_m – 3,5 м; -m – 2650 кг; 		<ul style="list-style-type: none"> -Выравнивание, подрезание сорняков, вычесывание сорняков, измельчение пожнивных, дробление глыб, прикатывание, мульчирование; -Расход топлива – 22,8 кг/ч; -Комковатость -100 %;

Приложение 2.4- Пример вывода результатов по регрессионному анализу данных почвообрабатывающих агрегатов

h	Q	n	a	q	q*										
19	12,6	1	2	20,9	21,2	ВЫВОД ИТОГОВ									
21	12,4	1	2	22,1	23,4										
24	12,3	1	2	23,8	26,6	<i>Регрессионная статистика</i>									
26	12,1	1	2	24,9	28,8	Множественный R	0,99998								
19	11,6	2	2	22,7	31,1	R-квадрат	0,99996								
21	11,5	2	2	24,1	23,2	Нормированный R-квадрат	0,92303								
24	11,3	2	2	25,8	25,4	Стандартная ошибка	0,17829								
26	11	2	2	26,9	28,7	Наблюдения	16,0000								
19	10,7	3	2	24,7	30,9										
21	10,6	3	2	26,2	33,1	Дисперсионный анализ									
24	10,4	3	2	27,9	25,2		<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>				
26	10,1	3	2	29,1	27,4	Регрессия	3	10958,84676	3652,94892	114918,3	0,00000				
19	9,9	4	2	26,8	30,7	Остаток	13	0,41324	0,03179						
21	9,7	4	2	28,6	32,9	Итого	16	10959,26000							
24	9,5	4	2	30,2	35,1										
26	9,2	4	2	31,5	27,2		<i>Кэф-фициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>	<i>Нижние 95,0%</i>	<i>Верхние 95,0%</i>	
					29,4										
					32,6	Переменная X 1	0,6467	0,0145	44,4636	0,0000	0,6152	0,6781	0,6152	0,6781	
					34,9	Переменная X 2	0,4665	0,0257	18,1247	0,0000	0,4109	0,5221	0,4109	0,5221	
					37,1	Переменная X 3	2,5454	0,0408	62,3392	0,0000	2,4571	2,6336	2,4571	2,6336	

Таблица П2.5- Пример вывода результатов моделирования из специальной надстройки «Монтъе-Карло»

Накопленная статистика = 10

Метод Монте-Карло.

Время счета = 98,0

Целевая ячейка - U3 (Удельные затраты на топливо)

Значение параметра I3 (Количество агрегатов) =	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднее значение	861	861	861	861	861	861	861	861	861
Станд. отклонение	68,2	68,2	68,2	68,2	68,2	68,2	68,2	68,2	68,2
Станд. отклонение оценки среднего значения	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
Максимум	1 053	1 053	1 053	1 053	1 053	1 053	1 053	1 053	1 053
Минимум	686	686	686	686	686	686	686	686	686

Целевая ячейка - V3 (Общий удельный ущерб от агросроков и уплотнения т...

Значение параметра I3 (Количество агрегатов) =	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднее значение	1 197	1 012	889	801	734	683	642	608	580
Станд. отклонение	169	149	136	128	122	118	115	112	110
Станд. отклонение оценки среднего значения	1,69	1,49	1,36	1,28	1,22	1,18	1,15	1,12	1,10
Максимум	1 997	1 709	1 518	1 381	1 278	1 198	1 140	1 095	1 057
Минимум	691	559	472	409	361	325	295	271	251

Целевая ячейка - W3 (Целевая функция)

Значение параметра I3 (Количество агрегатов) =	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднее значение	- 336	- 151	- 28	61	127	178	219	253	281
Станд. отклонение	180	161	150	143	138	134	132	129	128
Станд. отклонение оценки среднего значения	1,80	1,61	1,50	1,43	1,38	1,34	1,32	1,29	1,28
Максимум	220	359	452	518	568	607	638	663	687
Минимум	-1 249	- 912	- 709	- 590	- 501	- 432	- 376	- 331	- 293

Таблица П2.6- Сводные данные по результатам моделирования целевой функции при пахоте с различными агрегатами по 1-му агрофону (целина, пласт многолетних трав и залежь в два прохода)

Переменные, ед. измерения Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии
Входные Диапазон изменения Среднее Ст. отклонение

1; K701+ПТК9-35; a=1,07; b=0,0082; c=1,93

Q_{an} , га/смену	8-14			11			1		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{ддд}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\text{АНИ}}$, руб/га	684-1053	684-1053	684-1053	862	862	862	68	68	68
Y , руб/га	462-1415	487-1420	390-1351	883	890	811	128	127	130
$C_{\text{АНИ}} + Y$	1294-2376	1256-2332	1198-2306	1745	1752	1673	139	144	147
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				9 (1745)	6 (1752)	5 (1673)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				6 (1950)	4 (2060)	4 (1858)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				16 (1566)	10 (1505)	6 (1550)			
$n_{\text{факт}}$				10;15;6	15;23;9	18;23;15			
2; К700+ ПП7-40; $a=0,65$; $b=0,46$; $c=2,55$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	9-15			12,1			1		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{ддд}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\text{АНИ}}$, руб/га	593-1005	593-1005	593-1005	782	782	782	77	77	77
Y , руб/га	418-1232	360-1286	335-1425	780	750	904	114	114	114
$C_{\text{АНИ}} + Y$	1119-2151	1106-2124	1074-2096	1562	1533	1528	133	132	137
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				11 (1562)	7 (1533)	5 (1528)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				6 (1816)	5 (1724)	3 (1976)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				17 (1455)	11 (1359)	7 (1336)			
$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\text{АНИ}} + Y)$				7 (1737)	5 (1724)	4 (1696)			
$n_{\text{факт}}$				8;14; 5;12	12;17; 8;17	17;28; 12;21			
3; К700+ ПП8-35; $a=1,11$; $b=-0,55$; $c=2,42$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	5,7-11,7			8,7			1		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{ддд}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									

C_{ANi} ,руб/га	614-1050	614-1050	614-1050	818	818	818	77	77	77
Y , руб/га	442-1382	393-1398	404-1913	809	795	852	124	133	154
$C_{ANi} + Y$	1173-2256	113-2308	1066-2726	1627	1613	1670	150	160	180
$N_{a\text{ опт}}(C_{ANi} + Y)$				14 (1627)	9 (1613)	6 (1670)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{ANi} + Y)$				8 (1879)	6 (1874)	5 (1826)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{ANi} + Y)$				19 (1539)	13 (1452)	9 (1409)			
$N_{a\text{ мин}}*(C_{ANi} + Y)$				10 (1762)	7 (1762)	6 (1670)			
$n_{\text{факт}}$				8;15; 6;12	13;19; 9;17	19;23; 13;19			
4; ITr-220+ IP1-4; $a=0,871$; $v=-0,22$; $c=1,764$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} ,га/смену	7-13			10			1		
$\Delta\rho_{\text{д\`а\`е\`д}}$,г/см ³	0,100-0,253			0,181			0,024		
$n_{\text{д\`а\`е\`д}}$,	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
C_{ANi} ,руб/га	593-1005	593-1005	593-1005	674	674	674	77	77	77
Y , руб/га	345-1203	325-1456	241-1374	684	701	669	113	121	130
$C_{ANi} + Y$	912-1869	943-2178	880-2002	1358	1376	1344	128	137	145
$N_{a\text{ опт}}(C_{ANi} + Y)$				14 (1358)	8 (1376)	6 (1344)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{ANi} + Y)$				8 (1575)	6 (1545)	4 (1683)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{ANi} + Y)$				19 (1282)	14 (1158)	9 (1118)			
$N_{a\text{ мин}}*(C_{ANi} + Y)$				6 (1745)	5 (1680)	4 (1683)			
$n_{\text{факт}}$				7;13; 5;17	13;17; 7;20	17;25; 11;25			
5; ITr-180+ IP1-4; $a=0,73$; $v=0,23$; $c=1,92$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} ,га/смену	9-15			8,6			1		
$\Delta\rho_{\text{д\`а\`е\`д}}$,г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{д\`а\`е\`д}}$,	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
C_{ANi} ,руб/га	537-874	537-874	537-874	698	698	698	62	62	62
Y , руб/га	354-1189	350-1263	229-1418	701	713	662	111	124	133

$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	912-1869	970-1993	880-2087	1399	1413	1362	126	136	143
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				15 (1399)	9 (1413)	7 (1362)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				9 (1611)	6 (1677)	5 (1634)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				19 (1333)	15 (1201)	10 (1159)			
$N_{a\text{ мин}^*}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				7 (1761)	6 (1677)	5 (1634)			
$n_{\text{факт}}$				8;13; 6;17	13;20; 8;20	17;24; 12;24			
6; ITr-180+ IP1-6; $a=0,92$; $b=-0,06$; $c=1,41$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	6-12			9			1		
$\Delta\rho_{\text{д\ddot{a}d\ddot{e}}}$, г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{д\ddot{a}d\ddot{e}}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	589-883	589-883	589-883	731	731	731	55	55	55
Y , руб/га	374-1245	331-1294	330-1461	735	750	740	115	125	138
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	1040-1991	1005-2037	1013-2161	1465	1480	1471	128	138	149
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				13 (1465)	8 (1480)	6 (1471)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				8 (1683)	6 (1669)	4 (1850)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				19 (1355)	12 (1291)	8 (1282)			
$N_{a\text{ мин}^*}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				7 (1764)	6 (1669)	5 (1623)			
$n_{\text{факт}}$				9;14; 6;16	14;19; 9;19	19;28; 14;22			
7 T-150K + ПЛН6-35; $a=0,94$; $b=-0,27$; $c=1,69$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	5,2-11,2			8,2			1		
$\Delta\rho_{\text{д\ddot{a}d\ddot{e}}}$, г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{д\ddot{a}d\ddot{e}}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	563-867	563-867	563-867	718	718	718	59	59	59
Y , руб/га	364-1226	346-1459	311-1359	718	739	693	113	128	139
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	1040-2005	1022-2163	954-2196	1435	1457	1411	130	144	154
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				15 (1435)	9 (1457)	7 (1411)			

$N_{a \text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				9 (1657)	6 (1735)	5 (1695)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				19 (1365)	13 (1286)	9 (1253)			
$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				8 (1726)	6 (1735)	5 (1695)			
$n_{\text{факт}}$				8;14; 7;16	14;21; 10;21	18;25; 14;25			
8 Т-150К + ПЛН5-35; $a=0,86$; $v=0,03$; $c=1,93$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	5-11			8			1		
$\Delta\rho_{\delta\delta\delta\delta}$, г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\bar{i}\bar{\delta}\bar{i}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	585- 923	585- 923	585- 923	745	745	745	63	63	63
Y , руб/га	373- 1274	350- 1557	293- 1398	750	753	712	119	131	140
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	1015- 2065	998- 2320	953- 2116	1495	1498	1457	135	144	153
$N_{a \text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				14 (1495)	9 (1498)	7 (1457)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				8 (1769)	6 (1782)	5 (1749)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				19 (1398)	13 (1323)	9 (1294)			
$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				8 (1769)	6 (1782)	5 (1749)			
$n_{\text{факт}}$				9;16; 7;16	14;21; 10;21	18;25; 21;25			
9 Т-150К + ПН4-40; $a=0,77$; $v=0,29$; $c=2,04$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	5,1-11,1			8,1			1		
$\Delta\rho_{\delta\delta\delta\delta}$, г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\bar{i}\bar{\delta}\bar{i}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	577- 935	577- 935	577- 935	747	747	747	66	66	66
Y , руб/га	346- 1242	330- 1307	288- 1359	745	746	703	117	129	141
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	1075- 2059	1054- 2080	990- 2130	1492	1491	1448	132	141	151
$N_{a \text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				14 (1492)	9 (1491)	7 (1448)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				8 (1763)	6 (1772)	5 (1736)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				19 (1397)	12 (1351)	9 (1287)			

$N_{a \text{ мин}}*(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				8	6	5			
				(1763)	(1772)	(1736)			
$n_{\text{факт}}$				9;16;	14;21;	18;25;			
				7;16	11;21	14;25			
10 Т-150К + ПЛН4-35; $a=0,78$; $b=0,37$; $c=2,1$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	5,1-11,1			8,1			1		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{ддд}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	589-972	589-972	589-972	768	768	768	67	67	67
Y , руб/га	381-1387	322-1376	288-1359	755	741	703	121	134	141
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	1085-2203	1035-2196	990-2130	1523	1508	1448	135	144	151
$N_{a \text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				15	10	7			
				(1523)	(1508)	(1448)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				9	6	5			
				(1769)	(1879)	(1736)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				19	14	9			
				(1445)	(1349)	(1287)			
$N_{a \text{ мин}}*(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				9	7	5			
				(1769)	(1746)	(1736)			
$n_{\text{факт}}$				9;16;	14;23;	18;25;			
				7;16	10;20	14;25			
11 МТЗ-1221 + IP1-6; $a=0,78$; $b=0,37$; $c=2,1$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	4,4-10,4			7,4			1		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{\text{ддд}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	606-973	606-973	606-973	767	767	767	68	68	68
Y , руб/га	382-1452	390-1500	330-1760	756	784	818	122	142	171
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	1105-2191	1059-2244	927-2115	1523	1551	1584	136	152	177
$N_{a \text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				12	8	6			
				(1523)	(1551)	(1584)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				8	6	5			
				(1754)	(1879)	(1770)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				18	11	8			
				(1368)	(1349)	(1353)			
$N_{a \text{ мин}}*(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				8	6	5			
				(1754)	(1782)	(1770)			
$n_{\text{факт}}$				12;17;	17;23;	23;28;			
				8;17	13;23	17;28			

12 МТЗ-1221 + ПН4-35; $a=0,64$; $b=0,825$; $c=2,52$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} ,га/смену	3,8-9,8			6,8			1		
$\Delta\rho_{\text{д\ddot{a}д\ddot{e}д}}$,г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{\text{д\ddot{a}д\ddot{e}д}}$,	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\text{АН\ddot{I}}}$,руб/га	567-1010	567-1010	567-1010	775	775	775	78	78	78
Y , руб/га	408-1493	298-1746	278-2012	798	767	758	132	146	173
$C_{\text{АН\ddot{I}}} + Y$	1132-2237	1070-2589	1002-2736	1573	1543	1532	142	151	172
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{АН\ddot{I}}} + Y)$				12 (1573)	9 (1543)	7 (1532)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{АН\ddot{I}}} + Y)$				8 (1826)	6 (1880)	5 (1880)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{АН\ddot{I}}} + Y)$				19 (1387)	12 (1374)	9 (1424)			
$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\text{АН\ddot{I}}} + Y)$				9 (1741)	7 (1735)	6 (1677)			
$n_{\text{факт}}$				13;19; 8;17	17;25; 13;22	22;30; 17;25			
13 Т4-А + ПН6-35; $a=0,82$; $b=-0,098$; $c=1,582$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} ,га/смену	4,1-10,1			7,1			1		
$\Delta\rho_{\text{д\ddot{a}д\ddot{e}д}}$,г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{д\ddot{a}д\ddot{e}д}}$,	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\text{АН\ddot{I}}}$,руб/га	526-818	526-818	526-818	667	667	667	54	54	54
Y , руб/га	372-1243	320-1551	265-1614	675	671	711	108	132	163
$C_{\text{АН\ddot{I}}} + Y$	975-1998	1059-2244	877-2295	1342	1339	1378	122	145	174
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{АН\ddot{I}}} + Y)$				11 (1342)	8 (1339)	6 (1378)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{АН\ddot{I}}} + Y)$				8 (1540)	6 (1581)	5 (1571)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{АН\ddot{I}}} + Y)$				15 (1202)	11 (1142)	8 (1136)			
$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\text{АН\ddot{I}}} + Y)$				6 (1778)	5 (1774)	4 (1861)			
$n_{\text{факт}}$				13;18; 10;24	18;24; 13;29	24;29; 18;36			
14 Т4-А + ПН4-35; $a=0,87$; $b=0,17$; $c=1,96$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} ,га/смену	3,2-9,2			6,2			1		

$\Delta\rho_{\text{ддд}}$,г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{ддд}}$,	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\text{АНИ}}$,руб/га	609-956	609-956	609-956	775	775	775	65	65	65
Y , руб/га	409-1889	368-2334	361-2545	754	784	860	134	142	214
$C_{\text{АНИ}} + Y$	1090-2612	1098-3091	1090-3331	1529	1557	1635	146	152	220
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				11 (1529)	8 (1557)	6 (1635)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				7 (1840)	6 (1836)	5 (1858)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				14 (1399)	11 (1330)	8 (1356)			
$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\text{АНИ}} + Y)$				8 (1757)	7 (1677)	6 (1635)			
$n_{\text{факт}}$				15;22; 12;21	21;28; 15;22	28;33; 21;28			
15 ДТ-75М (Агромаш 90ТГ) + ПН6-35; a=0,6; v=0,4; c=1,66									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} ,га/смену	2,8-8,8			5,8			1		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$,г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{ддд}}$,	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\text{АНИ}}$,руб/га	425-721	425-721	425-721	566	566	566	52	52	52
Y , руб/га	280-1417	263-1685	181-3638	570	599	542	103	141	168
$C_{\text{АНИ}} + Y$	838-1958	792-2263	682-4122	1136	1166	1108	109	142	167
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				17 (1136)	11 (1166)	9 (1108)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				11 (1367)	8 (1410)	6 (1506)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				19 (1092)	16 (1962)	12 (909)			
$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\text{АНИ}} + Y)$				7 (1736)	6 (1709)	5 (1745)			
$n_{\text{факт}}$				11;16; 9;25	16;22; 11;30	28;33; 21;28			
16 ДТ-75М (Агромаш 90ТГ) + ПН4-35; a=0,83; v=-0,18; c=1,57									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} ,га/смену	2,1-8,1			5,1			1		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$,г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{ддд}}$,	5	10	15	5	10	15	5	10	15

Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	522-815	522-815	522-815	668	668	668	55	55	55
Y , руб/га	323-1969	253-2684	223-2913	663	635	663	138	173	222
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	933-2713	845-3345	806-3536	1331	1303	1331	151	184	233
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				16 (1331)	12 (1303)	9 (1331)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				10 (1640)	8 (1648)	6 (1790)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				19 (1250)	15 (1166)	12 (1101)			
$N_{a\text{ мин}}^*(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				9 (1732)	8 (1648)	6 (1790)			
$n_{\text{факт}}$				13;21; 11;23	17;26; 14;26	23;34; 17;34			

Таблица П2.7- Сводные данные по результатам моделирования целевой функции с различными агрегатами при работе по 2-му агрофону (старопашотные земли, стерня зерновых-колосовых и однолетних трав)

Переменные, ед. измерения	Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии								
	1; К701+ПТК9-35; $a=0,974$; $b=-0,208$; $c=2,13$			2; ИТр-220+ ИР1-4; $a=0,69$; $b=0,287$; $c=1,74$					
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	8-14			11			1		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{ддд}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	591-955	591-955	591-955	768	768	768	68	68	68
Y , руб/га	402-1276	372-1272	351-1306	774	744	730	119	122	125
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	1116-2084	1058-2113	1001-2085	1537	1506	1493	139	147	143
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				11 (1537)	7 (1509)	5 (1493)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				6 (1788)	4 (1862)	3 (1933)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				17 (1443)	9 (1443)	6 (1441)			
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	7-13			10			1		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, г/см ³	0,100-0,253			0,181			0,024		

$n_{\text{уд}} ,$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\text{АН}} , \text{руб/га}$	526-845	526-845	526-845	679	679	679	57	57	57
$Y , \text{руб/га}$	345-1203	286-1189	309-1367	684	674	715	113	121	136
$C_{\text{АН}} + Y$	991-1836	961-1923	942-2036	1362	1352	1393	125	130	145
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{АН}} + Y)$				15 (1362)	9 (1352)	6 (1393)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{АН}} + Y)$				8 (1615)	6 (1592)	5 (1537)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{АН}} + Y)$				23 (1260)	12 (1279)	8 (1282)			
$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\text{АН}} + Y)$				9 (1555)	7 (1489)	5 (1537)			
6; ITr-180+ IP1-6; $a=0,73$; $v=0,21$; $c=1,96$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{an} , \text{га/смену}$	6-12			9			1		
$\Delta\rho_{\text{уд}} , \text{г/см}^3$	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{уд}} ,$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\text{АН}} , \text{руб/га}$	548-870	548-870	548-870	700	700	700	62	62	62
$Y , \text{руб/га}$	367-1221	332-1305	305-1609	708	687	740	115	119	142
$C_{\text{АН}} + Y$	1022-1900	987-1954	960-2139	1407	1387	1439	123	132	151
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{АН}} + Y)$				14 (1407)	9 (1387)	6 (1439)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{АН}} + Y)$				9 (1595)	6 (1610)	5 (1591)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{АН}} + Y)$				22 (1289)	15 (1185)	9 (1187)			
$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\text{АН}} + Y)$				11 (1495)	7 (1531)	6 (1439)			
8 T-150K + ПЛН5-35; $a=0,825$; $v=-0,177$; $c=1,89$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{an} , \text{га/смену}$	5-11			8			1		
$\Delta\rho_{\text{уд}} , \text{г/см}^3$	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{уд}} ,$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\text{АН}} , \text{руб/га}$	519-838	519-838	519-838	668	668	668	60	60	60
$Y , \text{руб/га}$	314-1097	310-1156	224-1363	668	687	632	106	131	128
$C_{\text{АН}} + Y$	906-	883-	847-	1336	1353	1300	124	144	144

	1805	1855	1990						
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				16	9	7			
				(1336)	(1353)	(1300)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				10	6	5			
				(1506)	(1580)	(1560)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				22	12	9			
				(1259)	(1261)	(1156)			
$N_{a\text{ мин}^*}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				10	7	5			
				(1506)	(1497)	(1560)			
11 МТЗ-1221 + IP1-6; $a=0,68$; $b=0,106$; $c=2,19$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	4,4-10,4			7,4			1		
$\Delta\rho_{\delta\alpha\beta\gamma\delta}$, г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{\text{итд}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	493-827	493-827	493-827	654	654	654	64	64	64
Y , руб/га	298-1166	304-1323	242-1411	654	679	670	110	142	138
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	894-1807	940-2095	814-2055	1307	1332	1325	125	137	150
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				13	8	6			
				(1307)	(1332)	(1325)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				8	6	5			
				(1535)	(1528)	(1481)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				22	12	9			
				(1160)	(1137)	(1064)			
$N_{a\text{ мин}^*}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				8	6	5			
				(1535)	(1528)	(1481)			
15 ДТ-75М (Агромаш 90ТГ) + ПН6-35; $a=0,73$; $b=-0,187$; $c=1,31$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	2,8-8,8			5,8			1		
$\Delta\rho_{\delta\alpha\beta\gamma\delta}$, г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{итд}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	456-704	456-704	456-704	575	575	575	47	47	47
Y , руб/га	310-1395	213-1771	160-2253	577	557	554	108	138	172
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	826-2031	772-2457	660-2893	1152	1132	1129	121	142	183
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				17	12	9			
				(1152)	(1132)	(1129)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				12	8	6			
				(1331)	(1437)	(1534)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				22	16	12			
				(1054)	(980)	(927)			

$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				10 (1453)	8 (1437)	6 (1534)			
	17 ДТ-175 ПЛП6-35			+ ПН6-35; $a=0,537$; $b=0,44$; $c=1,57$					
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	2,8-8,8			5,8			1		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{дд}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	460-754	460-754	460-754	599	599	599	52	52	52
Y , руб/га	385-1078	289-990	279-1325	621	556	601	85	91	114
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	926-1625	860-1602	848-1914	1220	1155	1200	93	98	116
$N_{a \text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				9 (1220)	7 (1155)	5 (1200)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				7 (1356)	5 (1401)	4 (1414)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				13 (1074)	9 (1019)	6 (1056)			
$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				6 (1458)	5 (1401)	4 (1414)			

Таблица П2.8- Сводные данные по результатам моделирования целевой функции с различными агрегатами при дисковании по 3-му агрофону (поле после корнеклубнеплодов и перепашки)

Переменные, ед. измерения	Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии								
	1; К701+ПТК9-35; $a=0,767$; $b=0,018$; $c=1,853$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	8-14			11			1		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{дд}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	526-837	526-837	526-837	673	673	673	60	60	60
Y , руб/га	342-1135	324-1176	277-1250	674	678	677	112	110	120
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	977-1940	902-1907	889-1922	1351	1351	1351	127	124	133
$N_{a \text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				17 (1351)	8 (1351)	6 (1351)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				7 (1581)	5 (1549)	4 (1504)			

$$N_{a.макс}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$$

18
(1351) 9
(1348) 7
(1352)

6; ITr-180+ IP1-6; $a=0,435$; $v=0,33$; $c=1,307$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
	6-12			9			1		
Q_{an} , га/смену	0,112-0,244			0,178			0,022		
$\Delta\rho_{\delta\hat{a}\hat{a}\hat{e}\hat{o}}$, г/см ³	5	10	15	5	10	15	5	10	15
$n_{\hat{u}\hat{o}\hat{i}}$									
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	385-624	385-624	385-624	494	494	494	43	43	43
Y , руб/га	268-1004	1-986	171-962	598	498	519	100	100	108
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	717-1602	717-1602	628-1501	1093	1096	1013	109	107	113

$$N_{a.опт}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$$

20
(1093) 10
(1096) 7
(1013)

$$N_{a.мин}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$$

13
(1176) 7
(1218) 5
(1228)

$$N_{a.макс}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$$

21
(1090) 11
(1092) 10
(852)

$$N_{a.мин}*(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$$

8
(1356) 6
(1308) 4
(1416)

8 T-150K + ПЛН5-35; $a=0,676$; $v=0,035$; $c=1,437$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
	5-11			8			1		
Q_{an} , га/смену	0,112-0,244			0,178			0,022		
$\Delta\rho_{\delta\hat{a}\hat{a}\hat{e}\hat{o}}$, г/см ³	5	10	15	5	10	15	5	10	15
$n_{\hat{u}\hat{o}\hat{i}}$									
Выходные									
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	464-721	464-721	464-721	584	584	584	48	48	48
Y , руб/га	280-1032	250-1044	224-1283	586	589	615	102	109	124
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	804-1638	824-1664	792-1946	1170	1172	1179	113	118	133

$$N_{a.опт}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$$

22
(1170) 12
(1172) 8
(1179)

$$N_{a.мин}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$$

11
(1371) 7
(1402) 6
(1305)

$$N_{a.макс}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$$

23
(1162) 16
(1172) 9
(1171)

$$N_{a.мин}*(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$$

12
(1337) 8
(1323) 6
(1305)

11 МТЗ-1221 + IP1-6; $a=0,392$; $v=0,591$; $c=1,323$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
	4,4-10,4			7,4			1		
Q_{an} , га/смену									

$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
$n_{\text{ддд}}$									
Выходные									
$C_{\text{ддд}}$, руб/га	394-662	394-662	394-662	519	519	519	46	46	46
Y , руб/га	298-1166	226-896	224-1088	519	507	525	91	91	99
$C_{\text{ддд}} + Y$	723-1423	726-1430	686-1561	1038	1026	1044	99	199	103
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{ддд}} + Y)$				19 (1038)	11 (1026)	7 (1044)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{ддд}} + Y)$				10 (1239)	7 (1224)	5 (1267)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{ддд}} + Y)$				22 (1016)	13 (1015)	9 (1015)			
$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\text{ддд}} + Y)$				8 (1347)	6 (1327)	4 (1481)			

15 ДТ-75М (Агромаш 90ТГ) + ПН6-35; $a=0,574$; $b=0,041$; $c=0,716$

$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, г/см ³	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
	2,8-8,8			5,8			1		
$Q_{\text{ан}}$, га/смену									
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{ддд}}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Выходные									
$C_{\text{ддд}}$, руб/га	379-553	379-553	201-1555	461	461	461	33	33	33
Y , руб/га	239-873	230-1090	160-2253	460	469	449	75	101	119
$C_{\text{ддд}} + Y$	670-1351	657-1579	628-2022	921	930	911	81	104	122
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{ддд}} + Y)$				20 (921)	12 (930)	9 (911)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{ддд}} + Y)$				13 (1089)	9 (1103)	7 (1101)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{ддд}} + Y)$				22 (890)	17 (822)	11 (834)			
$N_{a \text{ мин}}^*(C_{\text{ддд}} + Y)$				8 (1389)	7 (1302)	5 (1458)			

Таблица П2.9- Сводные данные по результатам моделирования целевой функции с различными агрегатами при бороновании

Переменные, ед. измерения	Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии		
	1; К701+БЗТС-1,0; $a=-0,044$; $b=0,023$; $c=0,544$		
Входные	Диапазон изменения		
$Q_{\text{ан}}$, га/смену	56-114		
	Среднее		
	82		
	Ст. отклонение		
	11		

$\Delta\rho_{\text{д\grave{a}д\grave{o}}$,г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{пр\ddot{o}}}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$C_{\text{A}\ddot{N}\ddot{i}}$,руб/га	33-83	65-165	100-250	57	115	173	15	31	46
Y агросроков, руб/га	20-80	487-1420	390-1351	46	130	130	24	39	39
Y общий, руб/га	550-900	753-2500	1152-3766	722	1479	2156	116	231	342
$C_{\text{A}\ddot{N}\ddot{i}} + Y$	600-950	856-2616	1198-2306	780	1595	2329	115	231	147
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{A}\ddot{N}\ddot{i}} + Y)$				3 (780)	2 (1595)	2 (2329)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{A}\ddot{N}\ddot{i}} + Y)$				2 (864)	1 (1660)	1 (2313)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{A}\ddot{N}\ddot{i}} + Y)$				4 (743)	3 (1511)	3 (2245)			
2; К701+ БЗСС-1,0; $a=0,65$; $b=0,46$; $c=2,55$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{\text{ан}}$,га/смену	68-120			89			11		
$\Delta\rho_{\text{д\grave{a}д\grave{o}}$,г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{пр\ddot{o}}}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$C_{\text{A}\ddot{N}\ddot{i}}$,руб/га	28-78	55-155	75-225	52	103	156	15	30	44
Y агросроков, руб/га	0-150	31-305	39-319	33	109	109	20	32	39
Y общий, руб/га	358-1226	635-2391	1152-3766	709	1461	2136	115	228	342
$C_{\text{A}\ddot{N}\ddot{i}} + Y$	413-1271	800-2550	1234-2291	761	1564	2291	115	228	337
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{A}\ddot{N}\ddot{i}} + Y)$				3 (761)	2 (1564)	2 (2291)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{A}\ddot{N}\ddot{i}} + Y)$				2 (837)	1 (1724)	1 (2521)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{A}\ddot{N}\ddot{i}} + Y)$				4 (731)	3 (1359)	3 (2215)			
3; К700+ БЗТС-1,0; $a=-0,035$; $b=0,023$; $c=0,418$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{\text{ан}}$,га/смену	62-105			86			8		
$\Delta\rho_{\text{д\grave{a}д\grave{o}}$,г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{пр\ddot{o}}}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$C_{\text{A}\ddot{N}\ddot{i}}$,руб/га	40-75	80-155	110-220	58	116	173	12	24	36

$У$ агросроков, руб/га	0-120	47- 260	45- 235	37	116	115	16	25	25
$У$ общий, руб/га	359- 1324	747- 2500	1152- 3766	713	1470	2136	115	230	340
$С_{АНi} + У$	435- 1375	902- 2571	1104- 3772	771	1584	2311	115	230	340
$N_{a\text{ опт}}(С_{АНi} + У)$				3 (771)	2 (1584)	2 (2311)			
$N_{a\text{ мин}}(С_{АНi} + У)$				2 (850)	2 (1584)	1 (2547)			
$N_{a\text{ макс}}(С_{АНi} + У)$				4 (737)	3 (1505)	2 (2311)			
4; К700+ БЗСС-1,0; $a=-0,063$; $b=0,028$; $c=0,43$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	65-110			87			8		
$\Delta\rho_{\text{д\`а\`д\`д}}$, г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{прб}}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$С_{АНi}$, руб/га	30-75	60- 150	90- 225	52	103	155	13	26	40
$У$ агросроков, руб/га	0-117	47- 261	45- 251	35	113	113	15	24	24
$У$ общий, руб/га	354- 1185	777- 2497	1092- 4007	711	1464	2136	113	226	337
$С_{АНi} + У$	392- 1225	854- 2604	1241- 4192	763	1568	2292	112	226	337
$N_{a\text{ опт}}(С_{АНi} + У)$				3 (763)	2 (1568)	2 (2292)			
$N_{a\text{ мин}}(С_{АНi} + У)$				2 (841)	2 (1568)	1 (2525)			
$N_{a\text{ макс}}(С_{АНi} + У)$				4 (731)	3 (1490)	3 (2214)			
5; Т-150К + БЗТС-1,0; $a=-0,081$; $b=0,029$; $c=0,507$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	60-105			82			8		
$\Delta\rho_{\text{д\`а\`д\`д}}$, г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{прб}}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$З_{ГСМ}$, руб/га	30-78	60- 155	90- 230	54	107	161	14	30	43
$У$ агросроков, руб/га	1-156	54- 295	50- 273	44	127	127	17	27	28
$У$ общий, руб/га	262- 1052	554- 2355	923- 3250	630	1299	1884	102	198	228
$З_{ГСМ} + У$	335- 1079	712- 2480	1058- 3333	685	1407	2050	102	199	303

$N_{a\text{ опт}}(C_{\text{АНi}} + Y)$	3 (685)	2 (1407)	2 (2050)
$N_{a\text{ мин}}(C_{\text{АНi}} + Y)$	2 (768)	2 (1407)	2 (2050)
$N_{a\text{ макс}}(C_{\text{АНi}} + Y)$	4 (647)	3 (1324)	3 (1930)

6; Т-150К + БЗСС-1,0; $a=-0,08$; $b=0,028$; $c=0,493$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	60-105			82			8		
$\Delta\rho_{\text{двдд}}$, Г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{прб}}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	30-75	60- 150	80- 225	51	102	154	15	27	44
Y агросроков, руб/га	0-134	51- 278	50- 273	44	128	127	17	27	28
Y общий, руб/га	323- 1195	670- 2360	923- 3250	630	1300	1884	102	200	305
$Z_{ГСМ} + Y$	362- 1241	790- 2470	974- 3075	672	1402	2040	103	207	306

$N_{a\text{ опт}}(C_{\text{АНi}} + Y)$	3 (672)	2 (1402)	2 (2040)
$N_{a\text{ мин}}(C_{\text{АНi}} + Y)$	2 (755)	2 (1402)	2 (2040)
$N_{a\text{ макс}}(C_{\text{АНi}} + Y)$	4 (634)	3 (1319)	3 (1957)

7 Т-150 + БЗТС-1,0 ; $a=-0,096$; $b=0,037$; $c=0,613$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	50-97			73			7		
$\Delta\rho_{\text{двдд}}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{прб}}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$C_{\text{АНi}}$, руб/га	33-88	65- 175	100- 260	60	121	181	18	36	54
Y агросроков, руб/га	12- 171	12- 194	75- 337	67	67	162	20	20	32
Y общий, руб/га	236- 637	454- 1203	715- 1902	417	766	1208	55	100	158
$C_{\text{АНi}} + Y$	266- 672	505- 1288	824- 2091	478	889	1391	55	104	164

$N_{a\text{ опт}}(C_{\text{АНi}} + Y)$	3 (478)	3 (889)	2 (1391)
$N_{a\text{ мин}}(C_{\text{АНi}} + Y)$	3 (478)	2 (983)	2 (1391)
$N_{a\text{ макс}}(C_{\text{АНi}} + Y)$	4 (431)	4 (842)	3 (1297)

8 Т-150 + БЗСС-1,0; $a=-0,094$; $b=0,0357$; $c=0,596$

Входные Q_{an} , га/смену	Диапазон изменения 50-97			Среднее 73			Ст. отклонение 7		
	0,082-0,13			0,106			0,008		
$\Delta\rho_{\delta\alpha\lambda\delta\delta}$, г/см ³	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$n_{прб}$,									
Выходные $C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}}$, руб/га	30-85	60- 170	90- 260	58	116	174	17	33	50
Y агросроков, руб/га	17- 171	18- 194	80- 352	68	68	162	20	20	32
Y общий, руб/га	239- 675	451- 1167	655- 1856	417	767	1212	50	101	156
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	295- 724	498- 1311	789- 2000	475	883	1382	51	104	164
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				3 (475)	3 (883)	2 (1382)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				3 (475)	2 (977)	2 (1382)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				4 (428)	4 (836)	3 (1288)			

9 МТЗ-1221+ БЗТС-1,0; $\alpha=-0,059$; $\nu=0,025$; $c=0,545$

Входные Q_{an} , га/смену	Диапазон изменения 54-98			Среднее 73			Ст. отклонение 7		
	0,1-0,21			0,15			0,02		
$\Delta\rho_{\delta\alpha\lambda\delta\delta}$, г/см ³	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$n_{прб}$,									
Выходные $Z_{ГСМ}$, руб/га	33-73	65- 160	100- 240	56	111	167	15	30	44
Y агросроков, руб/га	9-165	70- 300	71- 324	59	148	148	18	18	29
Y общий, руб/га	240- 942	567- 1963	679- 2882	551	1133	1634	91	107	271
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	281- 973	644- 2030	845- 3019	599	1244	1796	91	180	223
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				3 (599)	2 (1244)	2 (1796)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				3 (599)	2 (1244)	2 (1796)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				4 (564)	3 (1154)	3 (1706)			

10 Т4-А + БЗТС-1,0; $\alpha=-0,095$; $\nu=0,04$; $c=0,592$

Входные Q_{an} , га/смену	Диапазон изменения 48-92			Среднее 70			Ст. отклонение 7		
	0,082-0,13			0,106			0,008		
$\Delta\rho_{\delta\alpha\lambda\delta\delta}$, г/см ³	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$n_{прб}$,									
Выходные									

$Z_{ГСМ}$, руб/га	20-80	40-160	60-225	50	98	147	18	35	53
$У$ агросроков, руб/га	0-132	20-224	71-374	27	76	174	16	22	36
$У$ общий, руб/га	212-619	452-1176	687-1856	376	773	1221	52	102	157
$Z_{ГСМ} + У$	259-662	528-1278	783-1983	426	1142	1368	53	105	161
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				4 (426)	3 (872)	2 (1368)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				3 (475)	2 (970)	2 (1368)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				5 (403)	4 (823)	4 (1221)			
11 Т4-А + БЗСС-1,0; ; $a=-0,0996$; $b=0,04$; $c=0,619$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	48-92			70			7		
$\Delta\rho_{\text{двд}}$, г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{прб}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	33-90	65-180	100-275	62	123	184	18	35	53
$У$ агросроков, руб/га	21-188	20-224	71-374	76	76	174	22	22	35
$У$ общий, руб/га	212-619	452-1176	687-1856	424	775	1224	57	101	157
$Z_{ГСМ} + У$	259-662	528-1278	886-2100	486	898	1409	52	105	162
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				3 (486)	3 (898)	2 (1409)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				3 (486)	2 (997)	2 (1409)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				4 (437)	4 (849)	3 (1310)			
12 ДТ-75М (Агромаш 90ТГ)+ БЗТС-1,0; $a=-0,0608$; $b=0,03$; $c=0,447$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	42-83			62			6		
$\Delta\rho_{\text{двд}}$, г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{прб}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	25-65	50-130	75-200	45	91	136	13	26	37
$У$ агросроков, руб/га	0-220	26-300	31-283	50	106	106	22	30	30
$У$ общий, руб/га	231-648	374-1289	636-1796	399	803	1155	55	105	153

$z_{ГСМ} + y$	259- 662	437- 1375	770- 1898	444	894	1292	55	106	155
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + y)$				4 (444)	3 (894)	3 (1292)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + y)$				3 (500)	3 (894)	2 (1406)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + y)$				5 (411)	5 (804)	4 (1235)			

13 ДТ-75М (Агромаш 90ТГ) + БЗСС-1,0; $a=-0,062$;
 $b=0,029$; $c=0,414$

Входные	Диапазон изменения						Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	44-83						63			6		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, г/см ³	0,082-0,13						0,106			0,008		
$n_{прб}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Выходные												
$z_{ГСМ}$, руб/га	25-65	30- 115	75- 190	44	88	131	12	26	35			
y агросроков, руб/га	0-137	29- 242	31- 283	39	92	92	19	26	26			
y общий, руб/га	220- 589	390- 1258	636- 1796	388	790	1141	53	105	153			
$z_{ГСМ} + y$	263- 639	483- 1313	754- 1898	432	880	1270	52	101	152			
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + y)$				4 (432)	3 (880)	3 (1270)						
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + y)$				3 (485)	2 (986)	2 (1376)						
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + y)$				5 (403)	4 (827)	4 (1217)						

14 МТЗ-80 (82) + БЗТС-1,0; $a=-0,194$; $b=0,0666$; $c=0,537$

Входные	Диапазон изменения						Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	34-67						50			5		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, г/см ³	0,1-0,21						0,15			0,02		
$n_{прб}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Выходные												
$z_{ГСМ}$, руб/га	20-85	45- 165	60- 250	53	104	158	18	36	55			
y агросроков, руб/га	0-137	29- 242	65- 318	39	79	145	17	22	30			
y общий, руб/га	243- 996	544- 1832	835- 3223	533	1067	1625	90	169	270			
$z_{ГСМ} + y$	275- 995	585- 1921	923- 3460	585	1171	1783	91	180	272			
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + y)$				5 (585)	4 (1171)	3 (1783)						
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + y)$				4 (625)	3 (1237)	2 (1916)						

$N_{a.макс}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				6 (545)	5 (1131)	5 (1677)			
15 МТЗ-80 (82)+ БЗСС-1,0; ; $a=-0,194$; $b=0,0666$; $c=0,537$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	39-73			56			5		
$\Delta\rho_{\bar{a}\bar{a}\bar{e}\bar{e}\bar{o}}$, Г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{прб}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	20-78	40-155	50-225	48	95	142	17	36	53
У агросроков, руб/га	10-178	16-159	60-257	64	64	125	18	18	26
У общий, руб/га	270-917	544-1832	671-2859	558	1052	1609	91	176	270
$Z_{ГСМ} + Y$	296-978	526-1998	863-2993	606	1147	1751	91	180	270
$N_{a.опт}(Z_{ГСМ} + Y)$				4 (606)	4 (1147)	3 (1751)			
$N_{a.мин}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				3 (668)	3 (1208)	2 (1874)			
$N_{a.макс}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				5 (569)	5 (1110)	5 (1653)			

Таблица П2.10- Сводные данные по результатам моделирования целевой функции с различными агрегатами при бороновании с двойными боронами
Переменные, ед. измерения Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии
1; К701+БЗТС-1,0; $a=-0,15$; $b=0,058$; $c=0,814$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	45-87			66			7		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\bar{o}}$, шт.	2x21-2x15			2x18			-		
$n_{прб}$, шт	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	55-130	100-265	160-390	91	182	272	23	47	72
У агросроков, руб/га	18-241	83-385	74-398	79	178	180	23	36	36
У общий, руб/га	403-1232	753-2897	991-3840	756	1531	2209	116	231	342
$Z_{ГСМ} + Y$	484-1387	922-3014	1213-4021	846	1714	2482	114	228	348

$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				3	2	2			
				(846)	(1714)	(2482)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				2	2	1			
				(946)	(1714)	(2781)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				4	3	3			
				(797)	(1614)	(2382)			
5; Т-150К + БЗТС-1,0; $a=-0,088$; $v=0,045$; $c=0,62$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	41-72			56			6		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, Г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{б}}$, шт.	2x18-2x12			2x15			-		
$n_{прб}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	45-105	95-210	145-315	74	150	224	17	35	52
Y агросроков, руб/га	6-212	40-295	99-573	65	126	251	22	31	48
Y общий, руб/га	335-1087	613-2258	1077-3588	650	1296	2012	104	206	312
$Z_{ГСМ} + Y$	403-1169	792-2358	1240-3201	724	1446	2236	104	206	315
$N_{a\text{ опт}}(C_{\text{АНi}} + Y)$				4	3	2			
				(724)	(1446)	(2236)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\text{АНi}} + Y)$				3	2	2			
				(786)	(1569)	(2236)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\text{АНi}} + Y)$				5	4	3			
				(687)	(1384)	(2112)			
14 МТЗ-80 (82)+ БЗТС-1,0; $a=-0,191$; $v=0,108$; $c=0,484$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	19-34			27			3		
$\Delta\rho_{\text{ддд}}$, Г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{\text{б}}$, шт.	2x9-2x6			2x8			-		
$n_{прб}$,	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	45-85	100-200	150-300	73	145	219	16	31	46
Y агросроков, руб/га	11-209	49-346	84-293	76	141	193	24	34	42
Y общий, руб/га	276-953	579-1869	891-2991	570	1127	1683	94	183	274
$Z_{ГСМ} + Y$	371-1015	692-2012	1079-3119	585	1273	1902	93	183	272
$N_{a\text{ опт}}(C_{\text{АНi}} + Y)$				8	6	5			
				(643)	(1273)	(1902)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\text{АНi}} + Y)$				6	4	3			
				(708)	(1403)	(1916)			

$N_{a \text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				10 (545)	8 (1207)	7 (1677)			
	9 МТЗ-1221+ БЗТС-1,0; $a=-0,117$; $v=0,052$; $c=0,774$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	36,5-67,5			52			5		
$\Delta\rho_{\delta\delta\delta\delta}$, г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
n_{σ} , шт.	2x18-2x12			2x15			-		
$n_{пр\delta}$	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	45-115	100-225	150-350	80	160	240	21	41	61
У агросроков, руб/га	23-197	63-320	138-587	75	140	270	21	29	46
У общий, руб/га	264-960	567-1833	791-3093	569	1133	1753	91	181	278
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	354-1058	713-2061	1085-3332	649	1289	1990	91	180	283
$N_{a \text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				4 (649)	3 (1289)	2 (1990)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				3 (714)	2 (1420)	2 (1990)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				5 (610)	4 (1224)	3 (1859)			
	10 Т4-А + БЗТС-1,0; $a=-0,121$; $v=0,059$; $c=0,675$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	32-63			47			5		
$\Delta\rho_{\delta\delta\delta\delta}$, г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
n_{σ} , шт.	2x18-2x12			2x15			-		
$n_{пр\delta}$	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	40-100	75-210	120-310	70	141	212	19	38	58
У агросроков, руб/га	7-207	32-282	79-411	61	106	181	21	29	39
У общий, руб/га	225-633	485-1260	742-1917	410	806	1231	56	105	159
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y$	300-722	597-1422	932-1954	480	946	1443	56	108	165
$N_{a \text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				5 (480)	4 (946)	3 (1443)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				4 (525)	3 (1022)	2 (1594)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				6 (450)	5 (901)	4 (1367)			

Таблица П2.11- Сводные данные по результатам моделирования целевой функции с различными агрегатами при дисковании по 1-му агрофону (целина, пласт многолетних трав и залежь в два прохода)

Переменные, ед. измерения	Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии 1 ; К-701 +БД-10; $\sigma=0,375$; $c=1,637$		
Входные	Диапазон изменения	Среднее	Ст. отклонение

Q_{an} , га/смену	20,3-27,7			24			1,2		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{норм}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	256-410	256-410	256-410	340	340	340	42	42	42
$У$ агросроков, руб/га	217-439	263-543	168-328	324	405	244	30	37	23
$У$ общий, руб/га	600-1564	653-1750	500-1503	999	1081	918	129	135	125
$Z_{ГСМ} + У$	872-1940	941-2033	889-1922	1339	1421	1258	135	124	133
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + У)$				3 (1339)	2 (1421)	2 (1258)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + У)$				3 (1339)	2 (1421)	2 (1258)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + У)$				4 (1218)	3 (1178)	2 (1258)			
2; К-701 +БДТ-7; $\sigma=0,65$; $c=2,27$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	13,7-19,7			16,7			1		
$\Delta\rho_{\text{дод}}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{дод}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	350-550	350-550	350-550	449	449	449	58	58	58
$У$ агросроков, руб/га	353-704	263-543	350-748	520	359	540	48	33	50
$У$ общий, руб/га	697-1813	622-1589	767-1890	1195	1034	1215	142	132	145
$Z_{ГСМ} + У$	1066-2310	973-2122	1154-2435	1644	1484	1664	153	145	155
$N_{a\text{ опт}}(C_{\text{дод}} + У)$				3 (1644)	3 (1484)	2 (1664)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\text{дод}} + У)$				3 (1644)	2 (1825)	2 (1664)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\text{дод}} + У)$				4 (1090)	3 (1484)	3 (1322)			
3 К-700, К-700А +БД-10; $\sigma=0,452$; $c=1,62$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	15,6-21,5			18,5			1		
$\Delta\rho_{\text{дод}}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{дод}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	260-410	260-410	260-410	337	337	337	44	44	44

$У$ агросроков, руб/га	216-410	182-419	296-604	307	302	453	29	28	42
$У$ общий, руб/га	587-1511	537-1538	670-1720	983	979	1128	127	131	138
$З_{ГСМ} + У$	916-1847	873-1947	953-2043	1320	1317	1465	134	118	145

$N_{a\text{ опт}}(C_{АНi} + У)$				4 (1320)	3 (1317)	2 (1465)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{АНi} + У)$				3 (1476)	3 (1317)	2 (1465)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{АНi} + У)$				5 (1226)	3 (1317)	3 (1153)			

4 К-700, К-700А +БДТ-7; $\epsilon=0,673$; $c=2,14$

Входные $Q_{ан}$, га/смену	Диапазон изменения 12-17,4			Среднее 14,7			Ст. отклонение 1		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{норм}}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12

Выходные $З_{ГСМ}$, руб/га	320-510	320-510	320-510	414	414	414	59	59	59
$У$ агросроков, руб/га	282-556	297-630	192-380	418	450	289	39	42	27
$У$ общий, руб/га	654-1643	638-1722	560-1503	1095	1126	966	137	135	125
$З_{ГСМ} + У$	1019-2073	982-2175	912-1975	1509	1541	1380	148	150	140

$N_{a\text{ опт}}(З_{ГСМ} + У)$				4 (1509)	3 (1541)	3 (1380)			
$N_{a\text{ мин}}(З_{ГСМ} + У)$				3 (1702)	3 (1541)	2 (1267)			
$N_{a\text{ макс}}(З_{ГСМ} + У)$				5 (1393)	4 (1348)	3 (1380)			

5 ITr-220, ITr-180 +IDb-6; $\epsilon=0,041$; $c=0,716$

Входные $Q_{ан}$, га/смену	Диапазон изменения 12-16,7			Среднее 14,3			Ст. отклонение 0,8		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, Г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{норм}}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12

Выходные $З_{ГСМ}$, руб/га	300-460	300-460	300-460	380	380	380	49	49	49
$У$ агросроков, руб/га	198-432	194-394	210-448	321	281	321	29	26	30
$У$ общий, руб/га	510-1412	513-1284	514-1431	906	866	907	117	114	119
$З_{ГСМ} + У$	890-1803	783-1719	841-1904	1287	1247	1288	127	104	129

$N_{a\text{ опт}}(З_{ГСМ} + У)$				5 (1287)	4 (1247)	3 (1288)			
---------------------------------	--	--	--	-------------	-------------	-------------	--	--	--

$N_{a \text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				4 (1407)	3 (1447)	3 (1288)			
$N_{a \text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				5 (1287)	4 (1247)	3 (1288)			
Переменные, ед. измерения	Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии 6; Т-150 +БД-10; $\sigma=0,39$; $c=1,41$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	14,3-20			17,1			1		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{норм}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	220-340	220-340	220-340	277	277	277	38	38	38
Y агросроков, руб/га	142-325	217-480	126-253	242	349	187	22	32	17
Y общий, руб/га	368-886	425-977	348-778	592	697	539	65	73	61
$Z_{ГСМ} + Y$	617-1190	679-1290	561-1086	869	973	816	76	82	72
$N_{a \text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				5 (869)	3 (973)	3 (816)			
$N_{a \text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				4 (970)	3 (973)	3 (816)			
$N_{a \text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				6 (802)	4 (806)	3 (816)			
	7; Т-150 +БДТ-7; $\sigma=0,66$; $c=1,64$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	11,4-15,5			13,4			0,7		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{норм}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	270-430	270-430	270-430	351	351	351	46	46	46
Y агросроков, руб/га	247-487	225-447	250-510	359	327	383	33	33	35
Y общий, руб/га	474-995	418-968	456-1033	709	677	733	74	72	76
$Z_{ГСМ} + Y$	743-1389	747-1348	1154-2435	1060	1028	1085	87	85	89
$N_{a \text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				5 (1060)	4 (1028)	3 (1085)			
$N_{a \text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				4 (1190)	4 (1028)	3 (1085)			
$N_{a \text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				6 (973)	5 (898)	4 (868)			
	8; МТЗ-1221 +БД-10; $\sigma=0,49$; $c=1,46$								

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
	13,5-16,6			15			0,5		
$Q_{ан}$, га/смену									
$\Delta\rho_{\text{д\`а\`д\`о}}$, г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{\text{н\`о\`д\`и}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Z_{ГСМ}$, руб/га	240-360	240-360	240-360	299	299	299	39	39	39
$У$ агросроков, руб/га	199-434	188-392	209-439	324	285	326	29	28	30
$У$ общий, руб/га	487-1582	442-1243	473-1286	819	781	821	105	103	106
$Z_{ГСМ} + У$	755-1603	710-1563	779-1516	1118	1080	1119	112	111	113
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{А\`Н\`и}} + У)$				5 (1118)	4 (1080)	3 (1119)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{А\`Н\`и}} + У)$				5 (1118)	4 (1080)	3 (1119)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{А\`Н\`и}} + У)$				6 (1037)	5 (959)	4 (917)			

9 МТЗ-1221 +БДТ-7; $\sigma=0,66$; $c=2,17$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
	10,7-14,4			12,6			0,6		
$Q_{ан}$, га/смену									
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{\text{н\`о\`д\`и}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Z_{ГСМ}$, руб/га	280-460	280-460	280-460	373	373	373	56	56	56
$У$ агросроков, руб/га	353-704	223-515	302-600	399	377	450	37	37	42
$У$ общий, руб/га	516-1390	518-1362	576-1392	891	871	947	111	109	115
$C_{\text{А\`Н\`и}} + У$	842-1781	829-1822	925-1800	1264	1244	1320	124	123	129
$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{А\`Н\`и}} + У)$				5 (1264)	4 (1244)	3 (1320)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\text{А\`Н\`и}} + У)$				5 (1264)	4 (1244)	3 (1320)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\text{А\`Н\`и}} + У)$				6 (1171)	5 (1105)	4 (1087)			

10; МТЗ-1221 +IDb-6 (фирмы "Еверс-Агро" мод. SE-600/51 и фирмы «Джон Дир», "Фиат"); $\sigma=0,84$; $c=2,45$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
	9,2-12,5			10,8			0,6		
$Q_{ан}$, га/смену									
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{\text{н\`о\`р\`м}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12

Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	310-510	310-510	310-510	413	413	413	64	64	64
$У$ агросроков, руб/га	247-496	217-437	212-447	376	322	322	35	30	30
$У$ общий, руб/га	895-1411	487-1335	460-1290	870	816	817	109	107	105
$Z_{ГСМ} + У$	764-1839	792-1628	752-1660	1283	1228	1228	127	120	119

$$N_{a \text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{I}} + У) \quad \begin{matrix} 6 \\ (1283) \end{matrix} \quad \begin{matrix} 5 \\ (1228) \end{matrix} \quad \begin{matrix} 4 \\ (1228) \end{matrix}$$

$$N_{a \text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{I}} + У) \quad \begin{matrix} 5 \\ (1390) \end{matrix} \quad \begin{matrix} 4 \\ (1389) \end{matrix} \quad \begin{matrix} 3 \\ (1496) \end{matrix}$$

$$N_{a \text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{I}} + У) \quad \begin{matrix} 7 \\ (1206) \end{matrix} \quad \begin{matrix} 5 \\ (1228) \end{matrix} \quad \begin{matrix} 4 \\ (1228) \end{matrix}$$

Переменные, ед. измерения Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии

11; Т-4А, Т-4М +БД-10; $\sigma=0,48$; $c=1,32$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	12,7-17,2			15			0,7		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{норм}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12

Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	230-350	230-350	230-350	285	285	285	36	36	36
$У$ агросроков, руб/га	217-439	181-354	198-398	307	263	297	30	24	27
$У$ общий, руб/га	409-933	400-878	428-902	657	612	647	70	66	69
$Z_{ГСМ} + У$	677-1277	629-1218	661-1227	941	897	933	78	75	78

$$N_{a \text{ опт}}(Z_{ГСМ} + У) \quad \begin{matrix} 5 \\ (941) \end{matrix} \quad \begin{matrix} 4 \\ (897) \end{matrix} \quad \begin{matrix} 3 \\ (933) \end{matrix}$$

$$N_{a \text{ мин}}(Z_{ГСМ} + У) \quad \begin{matrix} 5 \\ (941) \end{matrix} \quad \begin{matrix} 4 \\ (897) \end{matrix} \quad \begin{matrix} 3 \\ (933) \end{matrix}$$

$$N_{a \text{ макс}}(Z_{ГСМ} + У) \quad \begin{matrix} 6 \\ (863) \end{matrix} \quad \begin{matrix} 5 \\ (780) \end{matrix} \quad \begin{matrix} 3 \\ (933) \end{matrix}$$

12; Т-4А, Т-4М +БДТ-7; $\sigma=0,76$; $c=1,5$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	10,1-13,3			11,7			0,5		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{ид}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12

Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	270-420	270-420	270-420	343	343	343	41	41	41
$У$ агросроков, руб/га	224-460	186-374	184-377	344	283	274	32	27	25

$У$ общий, руб/га	449-970	398-906	382-899	694	632	624	73	69	68
$З_{ГСМ} + У$	771-1338	674-1303	708-1320	1037	976	967	84	82	80
$N_{a\text{ опт}}(C_{АНi} + У)$				6 (1037)	5 (976)	4 (967)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{АНi} + У)$				5 (1138)	4 (1127)	3 (1219)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{АНi} + У)$				7 (964)	5 (976)	4 (967)			

Таблица П2.12- Сводные данные по результатам моделирования целевой функции при дисковании с различными агрегатами по 2-му агрофону

Переменные, ед. измерения	Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии								
	1; К-701+(ЛДГ-20; ЛДГ-15; БД-10; БДТ-10; БДТ-7); $a=1,04; v=0,185; c=0,4; u=275,8; m=-1,056$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
H , см	6-12			9			1		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{норм}}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные	2; К-700, К-700А+(ЛДГ-20; ЛДГ-15; БД-10; БДТ-10; БДТ-7); $a=0,88; v=0,222; c=0,307; u=221,34; m=-1,023$								
$З_{ГСМ}$, руб/га	90-200	90-200	90-200	142	142	142	34	34	34
$У$ агросроков, руб/га	0-331	0-370	0-184	120	111	20	70	93	36
$У$ общий, руб/га	336-1372	356-1449	346-1229	796	787	697	129	149	118
$З_{ГСМ} + У$	416-1352	453-1672	445-1431	938	931	840	155	171	131
$N_{a\text{ опт}}(З_{ГСМ} + У)$				3 (938)	2 (931)	2 (840)			
$N_{a\text{ мин}}(З_{ГСМ} + У)$				2 (1079)	2 (931)	1 (1184)			
$N_{a\text{ макс}}(З_{ГСМ} + У)$				4 (872)	3 (833)	2 (840)			
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
H , см	6-12			9			1		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{норм}}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные	2; К-700, К-700А+(ЛДГ-20; ЛДГ-15; БД-10; БДТ-10; БДТ-7); $a=0,88; v=0,222; c=0,307; u=221,34; m=-1,023$								
$З_{ГСМ}$, руб/га	90-185	90-185	90-185	135	135	135	29	29	29
$У$ агросроков, руб/га	0-369	0-468	0-232	153	150	36	70	100	52
$У$ общий, руб/га	387-	317-	346-	828	824	711	138	155	123

	1416	1449	1229						
$Z_{ГСМ} + Y$	465- 1582	416- 1672	445- 1431	963	959	846	155	175	136
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				3 (963)	2 (959)	2 (846)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				3 (963)	2 (931)	1 (1184)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				4 (886)	3 (835)	2 (846)			
3; ITr-240+IDb-6; a=-0,088; b=0,288; c=0,435; u=90,24; m=-0,885									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
H, см	6-12			9			1		
$\Delta\rho_{\text{факт}}, \text{г/см}^3$	0,100-0,253			0,181			0,024		
n_{норм}	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	75- 125	75- 125	75- 125	97	97	97	14	14	14
Y агросроков, руб/га	8-234	0-371	0-162	115	139	12	34	56	22
Y общий, руб/га	372- 1234	317- 1220	293- 1134	712	735	608	112	123	103
$Z_{ГСМ} + Y$	426- 1236	389- 1335	360- 1240	810	833	706	116	123	105
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				5 (810)	3 (833)	3 (706)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				5 (810)	3 (833)	2 (1184)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				6 (764)	4 (835)	3 (706)			
4; ITr-220+IDb-6; a=-3,38; b=0,663; c=0,595; u=89,72; m=-0,899									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
H, см	6-12			9			1		
$\Delta\rho_{\text{факт}}, \text{г/см}^3$	0,100-0,253			0,181			0,024		
n_{норм}	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	70- 110	70- 110	70- 110	110	110	110	24	24	24
Y агросроков, руб/га	8-323	0-371	0-380	103	80	66	49	64	72
Y общий, руб/га	372- 1234	317- 1220	293- 1134	699	677	663	115	123	125
$Z_{ГСМ} + Y$	426- 1236	416- 1358	374- 1418	809	787	774	126	136	138
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				6 (809)	4 (787)	3 (774)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				5 (861)	3 (914)	2 (1018)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				6 (809)	4 (787)	4 (711)			
5; ITr-180+IDb-6; a=-2,38; b=0,558; c=0,785; u=87,9; m=-0,894									

Входные H , см	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
	6-12			9			1		
$\Delta\rho_{факт}, Г/см^3$	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{норм}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные $Z_{ГСМ}$, руб/га	85- 165	85- 165	85- 165	125	125	125	25	25	25
$У$ агросроков, руб/га	0-311	0-454	0-521	137	128	119	52	75	92
$У$ общий, руб/га	322- 1234	317- 1220	322- 1362	722	715	707	119	128	138
$Z_{ГСМ} + У$	391- 1371	416- 1358	374- 1418	847	840	832	126	144	138
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + У)$				6 (847)	4 (840)	3 (832)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + У)$				5 (907)	3 (988)	3 (832)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + У)$				6 (809)	5 (759)	4 (728)			

6; Т-150К+(ЛДГ-15; БД-10; БДТ-10; БДТ-7); $a=1$; $v=0,147$;
 $c=0,265$; $u=144,7$; $m=-0,936$

Входные H , см	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
	6-12			9			1		
$\Delta\rho_{факт}, Г/см^3$	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{норм}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные $Z_{ГСМ}$, руб/га	70- 110	70- 110	70- 110	108	108	108	25	25	25
$У$ агросроков, руб/га	0-237	0-177	0-265	93	39	56	52	45	67
$У$ общий, руб/га	322- 1234	317- 1220	322- 1132	682	626	644	119	110	121
$Z_{ГСМ} + У$	424- 1316	372- 1358	374- 1265	790	734	751	126	121	134
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + У)$				4 (790)	3 (734)	2 (751)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + У)$				3 (875)	2 (883)	2 (751)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + У)$				5 (742)	3 (734)	2 (751)			

7 Т-150 +(ЛДГ-15; БД-10; БДТ-7); $a=1,31$; $v=0,143$;
 $c=0,261$; $u=129,4$; $m=-0,888$

Входные H , см	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
	6-12			9			1		
$\Delta\rho_{факт}, Г/см^3$	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{норм}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные $Z_{ГСМ}$, руб/га	78- 106	78- 106	78- 106	106	106	106	20	20	20

	140	140	140						
$У$ агросроков, руб/га	15-214	0-177	0-231	99	39	60	43	45	67
$У$ общий, руб/га	247-720	210-651	200-717	449	388	410	68	65	81
$З_{ГСМ} + У$	333-852	293-789	280-544	555	494	516	82	78	97
$N_{a\text{ опт}}(З_{ГСМ} + У)$				4 (555)	3 (494)	2 (516)			
$N_{a\text{ мин}}(З_{ГСМ} + У)$				4 (555)	2 (654)	2 (516)			
$N_{a\text{ макс}}(З_{ГСМ} + У)$				5 (503)	3 (494)	2 (516)			
8 МТЗ-1221+ +(БД-10; БДТ-7; IDb-6); $a=1,096$; $b=0,302$; $c=0,497$; $u=112,3$; $m=-0,871$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
H , см	6-12			9			1		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{\text{норм}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$З_{ГСМ}$, руб/га	120-190	120-190	120-190	155	155	155	22	22	22
$У$ агросроков, руб/га	45-299	0-236	0-275	160	80	60	43	45	53
$У$ общий, руб/га	278-1104	262-1101	223-997	655	575	552	102	102	104
$З_{ГСМ} + У$	333-1284	372-1281	358-1182	807	727	704	112	113	115
$N_{a\text{ опт}}(З_{ГСМ} + У)$				5 (807)	4 (727)	3 (704)			
$N_{a\text{ мин}}(З_{ГСМ} + У)$				5 (807)	3 (860)	2 (964)			
$N_{a\text{ макс}}(З_{ГСМ} + У)$				6 (754)	4 (727)	3 (704)			
9 Т-4А, Т-4М +(ЛДГ-15; БД-10; БДТ-10; БДТ-7); $a=0,837$; $b=0,161$; $c=0,295$; $u=104,3$; $m=-0,853$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
H , см	6-12			9			1		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{норм}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$З_{ГСМ}$, руб/га	78-110	78-110	78-110	105	105	105	20	20	20
$У$ агросроков, руб/га	0-208	0-254	0-390	83	87	131	41	45	96
$У$ общий, руб/га	247-720	195-765	219-892	432	437	480	68	83	112
$З_{ГСМ} + У$	333-852	268-897	292-1037	537	542	585	82	99	129

$N_{a \text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				5 (537)	3 (542)	2 (585)			
$N_{a \text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				4 (597)	3 (542)	2 (585)			
$N_{a \text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				5 (537)	4 (468)	3 (457)			
10 ДТ-75М +(ЛДГ-10; БДТ-3); $a=3,8$; $b=-0,119$; $c=0,341$; $u=102,96$; $m=-1,06$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
H , см	6-12			9			1		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{норм}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	78- 110	78- 110	78- 110	97	97	97	10	10	10
Y агросроков, руб/га	30- 208	0-180	0-171	91	56	32	25	35	35
Y общий, руб/га	247- 720	204- 666	210- 660	440	406	380	58	62	61
$Z_{ГСМ} + Y$	333- 852	285- 897	292- 762	537	503	475	62	68	66
$N_{a \text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				6 (537)	4 (503)	3 (475)			
$N_{a \text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				5 (587)	3 (629)	2 (718)			
$N_{a \text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				6 (537)	4 (503)	3 (475)			

Таблица П2.13- Сводные данные по результатам моделирования целевой функции с различными агрегатами при сплошной культивации без боронования и с боронованием

Переменные, ед. измерения	Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии		
	1 ; К-701 + КШУ-18-1; $a=0,019$; $b=0,572$		
Входные	Диапазон изменения	Среднее	Ст. отклонение

Q_{an} , га/смену	60-97			78			6		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{норм}$	2	4	6	2	4	6	2	4	6
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	60-105	60-105	60-105	82	82	82	14	14	14
$У$ агросроков, руб/га	0-292	0-328	0-438	75	22	33	33	35	52
$У$ общий, руб/га	354-1292	344-1176	347-1246	750	698	710	119	117	125
$Z_{ГСМ} + У$	458-1404	427-1243	411-1307	832	780	789	119	118	124
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + У)$				5 (832)	3 (780)	2 (789)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + У)$				4 (942)	3 (780)	2 (789)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + У)$				6 (768)	3 (780)	3 (756)			

2; К-701 + КСП-4-4; $a=0,03$; $\epsilon=0,712$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	48-76			62			5		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{норм}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	75-130	75-130	75-130	102	102	102	18	18	18
$У$ агросроков, руб/га	0-303	0-229	0-203	99	9	1	37	23	7
$У$ общий, руб/га	426-1270	327-1182	328-1220	775	685	675	120	112	110
$Z_{ГСМ} + У$	508-1392	419-1283	410-1287	877	787	778	120	113	112
$N_{a\text{ опт}}(C_{\text{АН}} + У)$				6 (877)	4 (787)	3 (778)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\text{АН}} + У)$				5 (970)	3 (976)	2 (1073)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\text{АН}} + У)$				7 (812)	4 (787)	3 (778)			

3 К-700, К-700А + КШУ-12 1, КСП-4-3; $a=0,04$; $\epsilon=0,628$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
Q_{an} , га/смену	43-60			51			3		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024		
$n_{\text{норм}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	40-85	40-85	40-85	63	63	63	13	13	13
$У$ агросроков, руб/га	5-240	0-205	0-112	93	19	0	29	28	2

Y общий, руб/га	341-1314	281-1325	336-1195	769	695	675	118	118	111
$Z_{ГСМ} + Y$	396-1369	357-1373	388-1244	832	757	738	118	118	111
$N_{a\text{ опт}}(C_{АНi} + Y)$				8 (832)	5 (757)	4 (738)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{АНi} + Y)$				8 (832)	4 (924)	3 (866)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{АНi} + Y)$				8 (832)	5 (757)	4 (738)			
4 ITr-180+IKp-8; ; $a=0,027$; $v=0,499$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	33-51			42			3		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{норм}}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	48-88	48-88	48-88	66	66	66	12	12	12
Y агросроков, руб/га	0-205	0-410	0-328	52	103	11	29	58	27
Y общий, руб/га	314-1130	292-1204	259-1326	638	689	598	107	118	103
$Z_{ГСМ} + Y$	364-1179	347-1270	317-1400	704	755	664	107	118	104
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				10 (704)	5 (755)	4 (664)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				9 (750)	5 (755)	4 (664)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				11 (670)	6 (659)	4 (664)			
5 ITr-180+IKp-6; ; $a=0,05$; $v=0,396$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	30-40			35			2		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{норм}}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	60-95	60-95	60-95	77	77	77	11	11	11
Y агросроков, руб/га	12-212	194-394	0-165	91	105	2	29	47	10
Y общий, руб/га	337-1182	306-1312	284-1080	677	691	588	106	114	100
$Z_{ГСМ} + Y$	412-1266	380-1380	340-1142	754	767	664	106	113	100
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				11 (754)	6 (767)	5 (664)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				10 (800)	6 (767)	4 (821)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				12 (716)	7 (672)	5 (664)			

Переменные, ед. измерения	Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии								
	6; ITr-180+IKp-4; ; $a=0,07$; $v=0,852$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	21-32			26			2		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{норм}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	80-140	80-140	80-140	110	110	110	21	21	21
$У$ агросроков, руб/га	7-325	0-421	0-396	112	105	41	37	62	57
$У$ общий, руб/га	368-1204	315-1260	288-1277	699	692	629	110	119	115
$Z_{ГСМ}+У$	477-1312	441-1347	379-1347	808	973	730	111	119	116
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ}+У)$				14 (808)	8 (802)	6 (730)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ}+У)$				12 (888)	7 (922)	5 (938)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ}+У)$				14 (808)	8 (802)	6 (730)			
7; T-150K +KШУ-8-1, КСП-4-2; ; $a=0,056$; $v=0,69$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	34-53			44			3		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{норм}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	90-150	90-150	90-150	117	117	117	18	18	18
$У$ агросроков, руб/га	27-313	0-447	0-300	133	69	3	33	51	14
$У$ общий, руб/га	370-1276	323-1207	259-1033	719	655	590	111	114	100
$Z_{ГСМ}+У$	379-1389	442-1348	344-1159	835	772	1085	111	113	101
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ}+У)$				8 (835)	5 (772)	4 (707)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ}+У)$				7 (907)	4 (969)	3 (939)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ}+У)$				10 (737)	5 (772)	4 (707)			
8; T-150K +КСП-4-3 $a=0,042$; $v=0,4$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	37-54			45			3		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{норм}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									

$Z_{ГСМ}$, руб/га	60-95	60-95	60-95	79	79	79	11	11	11
$У$ агросроков, руб/га	5-244	0-392	0-350	88	86	6	32	55	21
$У$ общий, руб/га	487-1582	329-1284	282-1015	675	674	593	105	119	100
$Z_{ГСМ} + У$	393-1215	411-1353	362-1105	754	752	671	107	111	100
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				9 (754)	5 (752)	4 (671)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				8 (810)	5 (752)	3 (930)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				10 (709)	6 (671)	4 (671)			

9 Т-150+КШУ-8-1, КСП-4-2 $a=0,056$; $\sigma=0,562$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	30-44			37			2		
$\Delta\rho_{факт}$, г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{н\ddot{o}i}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12

Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	70-120	70-120	70-120	94	94	94	15	15	15
$У$ агросроков, руб/га	5-221	0-346	0-487	85	142	450	26	45	68
$У$ общий, руб/га	233-693	228-787	243-878	434	444	490	58	70	88
$C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У$	343-802	301-822	332-963	528	538	585	54	73	87
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				11 (528)	6 (538)	4 (585)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				10 (573)	6 (538)	4 (585)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				12 (4911)	7 (450)	5 (444)			

10; МТЗ-1221 +КШУ-8-1, КСП-4-2; 2 $a=0,043$; $\sigma=0,771$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	30-46			38			3		
$\Delta\rho_{факт}$, г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{\text{н\ddot{o}rм}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12

Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	65-125	65-125	65-125	97	97	97	19	19	19
$У$ агросроков, руб/га	0-268	0-437	0-619	75	78	119	35	61	93
$У$ общий, руб/га	249-1229	252-1066	261-1290	569	573	612	97	107	133
$Z_{ГСМ} + У$	341-1114	338-1170	349-1381	665	670	709	98	109	131
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				11 (665)	6 (670)	4 (709)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				9 (763)	5 (829)	4 (709)			

$N_{a.макс}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				12 (630)	7 (601)	5 (593)			
11; МТЗ-1221 + ИКр-6 (культиваторы ИКр-6 фирмы “Еверс-Агро” мод. KL-21D и фирмы “Джон Дир”); $a=0,088$; $v=1,02$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	22-34			28			2		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{норм}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	100-180	100-180	100-180	136	136	136	26	26	26
Y агросроков, руб/га	29-326	0-413	0-673	140	91	215	39	58	97
Y общий, руб/га	269-1084	249-1052	305-1354	634	586	710	100	109	136
$Z_{ГСМ} + Y$	437-1277	372-1176	430-1491	770	722	846	100	110	135
$N_{a.опт}(Z_{ГСМ} + Y)$				13 (770)	8 (722)	5 (846)			
$N_{a.мин}(Z_{ГСМ} + Y)$				11 (862)	7 (838)	5 (846)			
$N_{a.макс}(Z_{ГСМ} + Y)$				14 (730)	8 (722)	6 (661)			
12; Т-4А, Т-4М +КПС-4-4; $a=0,028$; $v=0,467$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	41-64			52			4		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{н\bar{o}\bar{i}}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	50-90	50-90	50-90	71	71	71	12	12	12
Y агросроков, руб/га	0-244	0-262	0-623	76	13	89	32	27	82
Y общий, руб/га	249-702	207-666	179-987	426	362	438	63	56	97
$Z_{ГСМ} + Y$	312-782	262-739	273-1052	497	433	509	62	56	95
$N_{a.опт}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				8 (497)	5 (433)	3 (509)			
$N_{a.мин}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				7 (561)	4 (573)	3 (509)			
$N_{a.макс}(Z_{ГСМ} + Y)$				9 (451)	5 (433)	4 (421)			
13; Т-4А, Т-4М +КШУ-12-1, КСП-4-3; $a=0,044$; $v=0,466$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	32-51			42			3		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		

$n_{\text{повт}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	60-90	60-90	60-90	82	82	82	13	13	13
$У$ агросроков, руб/га	0-244	0-315	0-487	72	20	30	32	33	50
$У$ общий, руб/га	249-702	190-734	195-858	421	369	379	63	56	71
$Z_{ГСМ} + У$	312-782	262-801	273-925	503	451	461	62	56	70
$N_{a \text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				10 (503)	6 (451)	4 (461)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				9 (552)	5 (573)	4 (461)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				11 (465)	6 (433)	5 (432)			

14; ДТ-75М +КШУ-12-1, КСП-4-3; $a = 0,05$; $v = 0,628$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	28-45			36			3		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{повт}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	65-120	65-120	65-120	92	92	92	16	16	16
$У$ агросроков, руб/га	0-313	0-611	0-360	100	123	11	41	27	33
$У$ общий, руб/га	249-786	207-1011	199-787	449	473	361	67	92	59
$Z_{ГСМ} + У$	334-882	262-1063	273-866	541	565	452	67	90	60
$N_{a \text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				11 (541)	6 (565)	5 (452)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				10 (588)	6 (573)	4 (624)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				13 (472)	7 (467)	5 (452)			

15; ДТ-75М +КШУ-8-1, КСП-4-2; $a = 0,05$; $v = 0,628$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	23-37			30			2		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{повт}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	65-110	65-110	65-110	87	87	87	16	16	16
$У$ агросроков, руб/га	0-346	0-452	0-527	105	144	129	33	62	82
$У$ общий, руб/га	249-786	236-906	230-978	455	493	477	63	83	99

$Z_{ГСМ} + Y$	318-855	320-1063	314-1075	541	580	564	63	82	98
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				13 (541)	7 (580)	5 (564)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				12 (588)	7 (580)	5 (564)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				14 (501)	8 (478)	6 (441)			
16; МТЗ-80, МТЗ-82+Икр-6; $\alpha=0,091$; $\sigma=0,563$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	20-28			24			1,5		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{\bar{p}\bar{o}\bar{i}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	75-120	75-120	75-120	98	98	98	16	16	16
Y агросроков, руб/га	0-293	0-426	0-527	113	119	178	33	55	82
Y общий, руб/га	329-1045	281-1120	276-1297	606	614	672	97	108	127
$Z_{ГСМ} + Y$	413-1176	391-1234	314-1382	704	711	770	97	107	126
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				16 (704)	9 (711)	6 (770)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				15 (736)	8 (818)	6 (770)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				17 (676)	10 (632)	7 (617)			
17; МТЗ-80, МТЗ-82+КПС-4-1; $\alpha=0,154$; $\sigma=0,608$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	16-22			19			1		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{\bar{p}\bar{o}\bar{i}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	95-150	95-150	95-150	121	121	121	16	16	16
Y агросроков, руб/га	0-293	0-379	0-441	117	146	110	28	49	64
Y общий, руб/га	329-1045	306-1050	276-1060	612	639	606	97	108	112
$Z_{ГСМ} + Y$	413-1176	427-1190	314-1190	733	760	727	97	107	110
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				20 (733)	11 (760)	8 (727)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				18 (786)	10 (848)	7 (899)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$				22 (689)	12 (687)	8 (727)			
1 (6); К-701 + КШУ-18-1; $\alpha=0,0275$; $\sigma=0,681$									

Входные $Q_{ан}$, га/смену	Диапазон изменения 54-88			Среднее 71			Ст. отклонение 6		
	$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024	
$n_{норм}$,	2	4	6	2	4	6	2	4	6
Выходные $Z_{ГСМ}$, руб/га	70- 130	70- 130	70- 130	99	99	99	18	18	18
$У$ агросроков, руб/га	0-259	0-670	0-303	67	134	0	38	77	4
$У$ общий, руб/га	388- 1282	400- 1583	347- 1119	744	810	675	119	140	111
$Z_{ГСМ} + У$	471- 1382	427- 1678	428- 1230	843	909	775	119	138	112

$$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + У)$$

6
(843) 3
(909) 3
(775)

$$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + У)$$

5
(929) 3
(909) 2
(975)

$$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + У)$$

7
(791) 4
(778) 3
(775)

2 (б); К-701 + КСП-4-4; $a=0,043$; $\sigma=0,864$

Входные $Q_{ан}$, га/смену	Диапазон изменения 43-70			Среднее 56			Ст. отклонение 5		
	$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024	
$n_{норм}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные $Z_{ГСМ}$, руб/га	90- 160	90- 160	90- 160	124	124	124	22	22	22
$У$ агросроков, руб/га	0-358	0-505	0-621	104	94	40	45	71	65
$У$ общий, руб/га	310- 1353	339- 1382	334- 1487	781	769	715	124	135	130
$Z_{ГСМ} + У$	447- 1481	481- 1515	454- 1587	905	893	839	120	134	129

$$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + У)$$

7
(905) 4
(893) 3
(839)

$$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + У)$$

6
(984) 3
(1165) 3
(839)

$$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + У)$$

8
(848) 5
(803) 3
(839)

3(б) К-700, К-700А + КШУ-12-1, КСП-4-3; $a=0,057$; $\sigma=0,871$

Входные $Q_{ан}$, га/смену	Диапазон изменения 34-59			Среднее 46			Ст. отклонение 4		
	$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,133-0,277			0,205			0,024	
$n_{норм}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									

$Z_{ГСМ}$, руб/га	95-170	95-170	95-170	131	131	131	22	22	22
$У$ агросроков, руб/га	5-370	0-205	0-377	135	74	8	46	65	28
$У$ общий, руб/га	341-1353	334-1325	336-1195	811	750	684	127	130	111
$Z_{ГСМ} + У$	574-1496	483-1443	494-1348	942	881	814	126	130	111
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + У)$				8 (942)	5 (881)	4 (814)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + У)$				7 (1013)	4 (1077)	3 (1044)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + У)$				8 (942)	6 (812)	4 (814)			
7 (б); Т-150К +КШУ-8-1, КСП-4-2; ; $a=0,072$; $\sigma=0,686$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	30-46			38			3		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{норм}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Z_{ГСМ}$, руб/га	90-150	90-150	90-150	121	121	121	18	18	18
$У$ агросроков, руб/га	2-331	0-400	0-644	119	80	118	41	51	92
$У$ общий, руб/га	266-771	218-827	259-1033	468	429	467	68	81	100
$Z_{ГСМ} + У$	379-861	336-932	344-1159	589	550	588	67	78	101
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + У)$				10 (589)	6 (550)	4 (588)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + У)$				9 (643)	5 (709)	4 (588)			
9 (б) Т-150+КШУ-8-1, КСП-4-2 $a=0,076$; $\sigma=0,665$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	28-41			35			2		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{норм}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Z_{ГСМ}$, руб/га	90-150	90-150	90-150	117	117	117	18	18	18
$У$ агросроков, руб/га	18-245	0-401	0-309	111	142	8	29	45	22
$У$ общий, руб/га	233-710	228-806	216-752	460	492	357	58	75	53
$Z_{ГСМ} + У$	343-846	301-822	320-924	577	609	475	61	73	55
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + У)$				11 (577)	6 (609)	5 (475)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + У)$				10 (625)	6 (609)	4 (680)			

$N_{a.макс}(З_{ГСМ} + У)$				12 (537)	7 (493)	5 (475)			
	10 (б); МТЗ-1221 + КШУ-8-1, КСП-4-2; 2 $a=0,056$; $v=0,9$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	26,5-40,5			33			2,5		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{норм}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$З_{ГСМ}$, руб/га	80-150	80-150	80-150	111	111	111	23	23	23
У агросроков, руб/га	0-307	0-445	0-558	99	67	43	35	56	62
У общий, руб/га	278- 1046	234- 1194	261- 1290	593	560	538	97	107	133
$З_{ГСМ} + У$	402- 1114	338- 1170	342- 1300	704	670	649	98	109	109
$N_{a.опт}(З_{ГСМ} + У)$				12 (704)	7 (670)	5 (649)			
$N_{a.мин}(З_{ГСМ} + У)$				10 (798)	6 (800)	4 (903)			
$N_{a.макс}(З_{ГСМ} + У)$				14 (640)	8 (613)	5 (649)			
	11 (б); МТЗ-1221 + ИКр-6 (культиваторы ИКр-6 фирмы "Еверс-Агро" мод. KL-21D и фирмы "Джон Дир"); $a=0,117$; $v=1,16$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	20-30			25			2		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{норм}$,	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$З_{ГСМ}$, руб/га	110- 210	110- 210	110- 210	158	158	158	30	30	30
У агросроков, руб/га	0-421	0-715	0-644	160	190	131	47	79	97
У общий, руб/га	336- 1085	249- 1249	269- 1283	655	685	626	106	124	136
$З_{ГСМ} + У$	477- 1277	436- 1441	384- 1412	814	842	784	133	124	135
$N_{a.опт}(З_{ГСМ} + У)$				14 (814)	8 (842)	6 (784)			
$N_{a.мин}(З_{ГСМ} + У)$				12 (901)	7 (974)	5 (1027)			
$N_{a.макс}(З_{ГСМ} + У)$				15 (778)	9 (722)	7 (669)			
	12 (б); Т-4А, Т-4М + КПС-4-4; $a=0,047$; $v=0,693$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	28-44			36			2		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		

$n_{норм}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	65-120	65-120	65-120	93	93	93	17	17	17
$У$ агросроков, руб/га	0-260	0-315	0-515	97	117	177	28	49	82
$У$ общий, руб/га	249-740	249-800	261-987	447	467	526	60	73	92
$Z_{ГСМ} + У$	312-818	330-896	344-1052	540	560	619	62	73	95
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + У)$				11 (540)	6 (560)	4 (619)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + У)$				10 (586)	6 (560)	4 (619)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + У)$				12 (501)	7 (457)	5 (445)			
Входные	13 (6); Т-4А, Т-4М +КШУ-12-1, КСП-4-3; $a=0,062$; $b=0,71$								
$Q_{ан}$, га/смену	Диапазон изменения 23-35			Среднее 29			Ст. отклонение 1,5		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{норм}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	70-125	70-125	70-125	97	97	97	18	18	18
$У$ агросроков, руб/га	0-244	0-218	0-517	86	59	167	25	40	57
$У$ общий, руб/га	262-660	214-734	244-858	435	408	516	59	64	88
$Z_{ГСМ} + У$	349-782	307-801	351-1021	532	505	614	62	65	88
$N_{a\text{ опт}}(Z_{ГСМ} + У)$				14 (532)	8 (505)	5 (614)			
$N_{a\text{ мин}}(Z_{ГСМ} + У)$				12 (607)	7 (617)	5 (614)			
$N_{a\text{ макс}}(Z_{ГСМ} + У)$				15 (501)	8 (505)	6 (454)			
Входные	14 (6); ДТ-75М +КШУ-12-1, КСП-4-3; $a=0,061$; $b=0,529$								
$Q_{ан}$, га/смену	Диапазон изменения 24,-37,5			Среднее 31			Ст. отклонение 2		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{норм}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	65-110	65-110	65-110	87	87	87	14	14	14
$У$ агросроков, руб/га	0-222	0-475	0-462	90	115	92	31	56	73
$У$ общий, руб/га	249-726	229-900	199-886	440	465	442	61	78	90
$Z_{ГСМ} + У$	334-793	314-918	273-975	527	553	529	61	77	90

$N_{a \text{ опт}}(C_{\text{АНИ}} + Y)$				13 (527)	7 (553)	5 (529)			
$N_{a \text{ мин}}(Z_{\text{ГСМ}} + Y)$				11 (610)	6 (694)	5 (529)			
$N_{a \text{ макс}}(Z_{\text{ГСМ}} + Y)$				15 (468)	8 (461)	6 (439)			
15 (6); ДТ-75М +КШУ-8-1, КСП-4-2; $a=0,091$; $b=0,748$									
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{\text{ан}}$, га/смену	20-31			26			1,5		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, Г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\text{факт}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{\text{ГСМ}}$, руб/га	85-145	85-145	85-145	115	115	115	19	19	19
Y агросроков, руб/га	0-249	0-452	0-415	105	151	82	33	54	65
Y общий, руб/га	261- 786	236- 1042	203- 851	455	493	432	63	83	84
$Z_{\text{ГСМ}} + Y$	372- 822	320- 1063	328- 955	568	615	547	63	77	83
$N_{a \text{ опт}}(Z_{\text{ГСМ}} + Y)$				15 (568)	8 (615)	6 (547)			
$N_{a \text{ мин}}(Z_{\text{ГСМ}} + Y)$				13 (641)	7 (742)	5 (779)			
$N_{a \text{ макс}}(Z_{\text{ГСМ}} + Y)$				16 (520)	8 (615)	7 (467)			

Таблица П2.14- Сводные данные по результатам моделирования целевой функции с различными агрегатами по прикатыванию

Переменные, ед. измерения	Группа по составу агрегата, состав агрегата, значения коэффициентов уравнения регрессии								
	1; Т-150К+ ЗККШ-6; $a=0,006$; $b=0,191$; $c=0,225$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{\text{ан}}$, га/смену	61-122			91			10		
$\Delta\rho_{\text{факт}}$, Г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{\text{норм}}$	2	4	6	2	4	6	2	4	6
Выходные									
$Z_{\text{ГСМ}}$, руб/га	25-45	25-45	25-45	35	35	35	6	6	6
Y агросроков, руб/га	0-263	0-620	0-615	12	26	37	24	51	52
Y общий, руб/га	255- 1086	295- 1216	280- 1333	599	612	624	102	112	125
$Z_{\text{ГСМ}} + Y$	284- 1119	333- 1243	312- 1365	634	646	659	102	112	124
$N_{a \text{ опт}}(Z_{\text{ГСМ}} + Y)$				6 (634)	3 (646)	2 (659)			
$N_{a \text{ мин}}(Z_{\text{ГСМ}} + Y)$				5 (683)	3 (646)	2 (659)			

$N_{a \text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				7 (623)	4 (621)	3 (622)			
	2; Т-150К+ 3КВГ-1,4; $a=0,006$; $b=0,191$; $c=0,225$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	46-100			73			10		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,112-0,244			0,178			0,022		
$n_{норм}$	2	4	6	2	4	6	2	4	6
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	25-65	25-65	25-65	50	50	50	9	9	9
У агросроков, руб/га	0-600	0-810	0-910	69	5	33	61	33	52
У общий, руб/га	316- 1360	275- 1709	270- 1609	655	599	590	117	109	105
$Z_{ГСМ} + Y$	359- 1414	318- 1746	316- 1646	705	649	641	116	109	105
$N_{a \text{ опт}}(Z_{ГСМ} + Y)$				6 (705)	4 (649)	3 (641)			
$N_{a \text{ мин}}(Z_{ГСМ} + Y)$				5 (788)	3 (774)	2 (844)			
$N_{a \text{ макс}}(Z_{ГСМ} + Y)$				8 (642)	5 (637)	3 (641)			
	3; МТЗ-1221+ 3ККШ-6; $a=0,008$; $b=0,223$; $c=0,21$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	55-110			82			10		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{норм}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	28-48	28-48	28-48	37	37	37	6	6	6
У агросроков, руб/га	0-366	0-380	0-512	39	4	1	46	21	14
У общий, руб/га	197- 1046	208- 1015	214- 1195	532	500	494	99	90	88
$Z_{ГСМ} + Y$	246- 1083	244- 1046	253- 1133	569	536	532	98	89	88
$N_{a \text{ опт}}(C_{АНi} + Y)$				6 (569)	4 (536)	3 (532)			
$N_{a \text{ мин}}(C_{АНi} + Y)$				5 (641)	3 (611)	2 (646)			
$N_{a \text{ макс}}(C_{АНi} + Y)$				7 (540)	4 (536)	3 (532)			
	4; МТЗ-1221+ 3КК-6; $a=0,008$; $b=0,223$; $c=0,21$								
Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	54-98			76			9		
$\Delta\rho_{факт}$, Г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{норм}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									

$Z_{ГСМ}$, руб/га	28-48	28-48	28-48	37	37	37	6	6	6
$У$ агросроков, руб/га	0-366	0-380	0-512	11	4	1	25	21	14
$У$ общий, руб/га	238-895	208-1015	214-1195	503	500	494	91	90	88
$Z_{ГСМ} + У$	246-932	244-1046	253-1133	540	536	532	91	89	88
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				7 (540)	4 (536)	3 (532)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				6 (575)	3 (611)	2 (646)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				7 (540)	4 (536)	3 (532)			

5; МТЗ-1221+ 3КВГ-1,4; $a=0,017$; $b=0,233$; $c=0,302$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	44-90			67			8		
$\Delta\rho_{\delta\delta\delta\delta}$, г/см ³	0,1-0,21			0,15			0,02		
$n_{\bar{i}\bar{o}\bar{i}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	45-75	45-75	45-75	61	61	61	9	9	9
$У$ агросроков, руб/га	0-366	0-449	0-500	37	20	6	43	46	30
$У$ общий, руб/га	238-1027	233-1015	209-1089	530	515	500	99	100	92
$Z_{ГСМ} + У$	295-1090	244-1095	253-1150	591	576	561	98	99	92
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				7 (591)	4 (576)	3 (561)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				5 (743)	3 (749)	2 (844)			
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				8 (564)	5 (557)	3 (561)			

6; ДТ-75М+ 3КК-6; $a=0,007$; $b=0,406$; $c=0,199$

Входные	Диапазон изменения			Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	38-85			63			7		
$\Delta\rho_{\delta\delta\delta\delta}$, г/см ³	0,082-0,13			0,106			0,008		
$n_{\bar{i}\bar{o}\bar{i}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12
Выходные									
$Z_{ГСМ}$, руб/га	27-45	27-45	27-45	37	37	37	5	5	5
$У$ агросроков, руб/га	0-309	0-611	0-563	56	36	11	46	59	41
$У$ общий, руб/га	238-740	200-1071	209-928	406	384	361	67	77	64
$Z_{ГСМ} + У$	241-772	236-1095	253-961	443	421	398	67	77	63
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				7 (443)	4 (421)	3 (398)			
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				6 (511)	4 (421)	3 (398)			

$N_{a.макс}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$					8 (404)	5 (387)	3 (398)			
	7; ДТ-75М+ ККН-2,8; $a=0,009$; $b=0,182$; $c=0,223$									
Входные	Диапазон изменения				Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	49-87				68			7		
$\Delta\rho_{\delta\delta\delta\delta}$, г/см ³	0,082-0,13				0,106			0,008		
$n_{\bar{i}\bar{o}\bar{i}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12	
Выходные										
$Z_{ГСМ}$, руб/га	27-46	27-46	27-46	37	37	37	5	5	5	
Y агросроков, руб/га	0-362	0-320	0-314	29	12	2	34	32	15	
Y общий, руб/га	214- 740	200- 762	209- 700	377	362	353	59	58	50	
$Z_{ГСМ} + Y$	241- 772	212- 785	253- 715	414	398	398	59	58	50	
$N_{a.опт}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$					7 (414)	4 (398)	3 (389)			
$N_{a.мин}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$					6 (472)	3 (561)	2 (649)			
$N_{a.макс}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$					8 (391)	5 (387)	3 (389)			
	8; ДТ-75М+ 3КВБ-1,5; $a=0,017$; $b=0,551$; $c=0,23$									
Входные	Диапазон изменения				Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	32-60				46			5		
$\Delta\rho_{\delta\delta\delta\delta}$, г/см ³	0,082-0,13				0,106			0,008		
$n_{\bar{i}\bar{o}\bar{i}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12	
Выходные										
$Z_{ГСМ}$, руб/га	40-62	40-62	40-62	52	52	52	7	7	7	
Y агросроков, руб/га	0-484	0-518	0-520	137	82	16	58	81	48	
Y общий, руб/га	214- 929	200- 930	184- 926	486	431	366	81	96	68	
$Z_{ГСМ} + Y$	241- 976	273- 967	253- 977	538	482	418	80	95	67	
$N_{a.опт}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$					8 (538)	5 (482)	4 (418)			
$N_{a.мин}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$					8 (538)	5 (482)	3 (646)			
$N_{a.макс}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + Y)$					8 (538)	6 (411)	5 (402)			
	9; ДТ-75М+ 3КВГ-1,4; $a=0,021$; $b=0,426$; $c=0,368$									
Входные	Диапазон изменения				Среднее			Ст. отклонение		
$Q_{ан}$, га/смену	29-55				42			4		
$\Delta\rho_{\delta\delta\delta\delta}$, г/см ³	0,082-0,13				0,106			0,008		
$n_{\bar{i}\bar{o}\bar{i}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12	
Выходные										

$Z_{ГСМ}$, руб/га	45-75	45-75	45-75	61	61	61	10	10	10	
$У$ агросроков, руб/га	0-434	0-450	0-584	123	28	42	50	48	70	
$У$ общий, руб/га	244- 878	200- 825	209- 926	473	377	393	75	68	86	
$Z_{ГСМ} + У$	318- 976	273- 894	253- 977	534	437	453	74	68	85	
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				9 (534)	6 (482)	4 (453)				
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				9 (534)	5 (555)	4 (453)				
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				10 (478)	7 (411)	5 (412)				
10; ДТ-75М+ КЗК-10; $\sigma = 1,9; c = 0,2$										
Входные	Диапазон изменения						Среднее		Ст. отклонение	
$Q_{ан}$, га/смену	30-49						40		3	
$\Delta\rho_{\text{дод}}$, г/см ³	0,082-0,13						0,106		0,008	
$n_{\text{дод}}$	4	8	12	4	8	12	4	8	12	
Выходные										
$Z_{ГСМ}$, руб/га	55-75	55-75	55-75	65	65	65	6	6	6	
$У$ агросроков, руб/га	0-498	0-387	0-540	145	44	65	41	48	70	
$У$ общий, руб/га	244- 878	200- 733	209- 900	494	393	414	69	68	86	
$Z_{ГСМ} + У$	318- 976	273- 798	253- 965	560	458	480	70	68	89	
$N_{a\text{ опт}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				9 (560)	6 (458)	4 (480)				
$N_{a\text{ мин}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				9 (560)	5 (602)	4 (480)				
$N_{a\text{ макс}}(C_{\bar{A}\bar{N}\bar{i}} + У)$				10 (508)	7 (416)	5 (415)				

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица П. 3.1 – Расчётные данные для рабочих органов со стрельчатыми лапами

продолжение

		n=5		B=2,2			
		m=530					
		l=0,3					
к	а	$v_{л}$	$R_{кx}$	P_x	P_T	P_{yT}	
25000	0,15	0,5	1875	3993,34	14835,66	6743,48	
50000	0,15	0,5	3750	5868,34	21435,66	9743,48	
100000	0,15	0,5	7500	9618,34	34635,66	15743,48	
150000	0,15	0,5	11250	13368,34	47835,66	21743,48	
25000	0,2	0,5	2500	4618,34	17035,66	7743,48	
50000	0,2	0,5	5000	7118,34	25835,66	11743,48	
100000	0,2	0,5	10000	12118,34	43435,66	19743,48	
150000	0,2	0,5	15000	17118,34	61035,66	27743,48	
25000	0,3	0,5	3750	5868,34	21435,66	9743,48	
50000	0,3	0,5	7500	9618,34	34635,66	15743,48	
100000	0,3	0,5	15000	17118,34	61035,66	27743,48	
150000	0,3	0,5	22500	24618,34	87435,66	39743,48	
25000	0,35	0,5	4375	6493,34	23635,66	10743,48	
50000	0,35	0,5	8750	10868,34	39035,66	17743,48	
100000	0,35	0,5	17500	19618,34	69835,66	31743,48	
150000	0,35	0,5	26250	28368,34	100635,7	45743,48	

						q=0,000238			
		τ=0,8							
		W=0,792	W=1,584	W=2,2	W=2,64				
		N,v=4,5	N,v=9	N,v=12,5	N,v=15	Q,v=4,5	Q,v=9	Q,v=12,5	Q,v=15
30345,66	60691,32	84293,5	101152,2	7,222267	14,44453	20,06185	24,07422		
43845,66	87691,32	121793,5	146152,2	10,43527	20,87053	28,98685	34,78422		
70845,66	141691,3	196793,5	236152,2	16,86127	33,72253	46,83685	56,20422		
97845,66	195691,3	271793,5	326152,2	23,28727	46,57453	64,68685	77,62422		
34845,66	69691,32	96793,5	116152,2	8,293267	16,58653	23,03685	27,64422		
52845,66	105691,3	146793,5	176152,2	12,57727	25,15453	34,93685	41,92422		
88845,66	177691,3	246793,5	296152,2	21,14527	42,29053	58,73685	70,48422		
124845,7	249691,3	346793,5	416152,2	29,71327	59,42653	82,53685	99,04422		
43845,66	87691,32	121793,5	146152,2	10,43527	20,87053	28,98685	34,78422		
70845,66	141691,3	196793,5	236152,2	16,86127	33,72253	46,83685	56,20422		
124845,7	249691,3	346793,5	416152,2	29,71327	59,42653	82,53685	99,04422		
178845,7	357691,3	496793,5	596152,2	42,56527	85,13053	118,2369	141,8842		
48345,66	96691,32	134293,5	161152,2	11,50627	23,01253	31,96185	38,35422		
79845,66	159691,3	221793,5	266152,2	19,00327	38,00653	52,78685	63,34422		
142845,7	285691,3	396793,5	476152,2	33,99727	67,99453	94,43685	113,3242		
205845,7	411691,3	571793,5	686152,2	48,99127	97,98253	136,0869	163,3042		

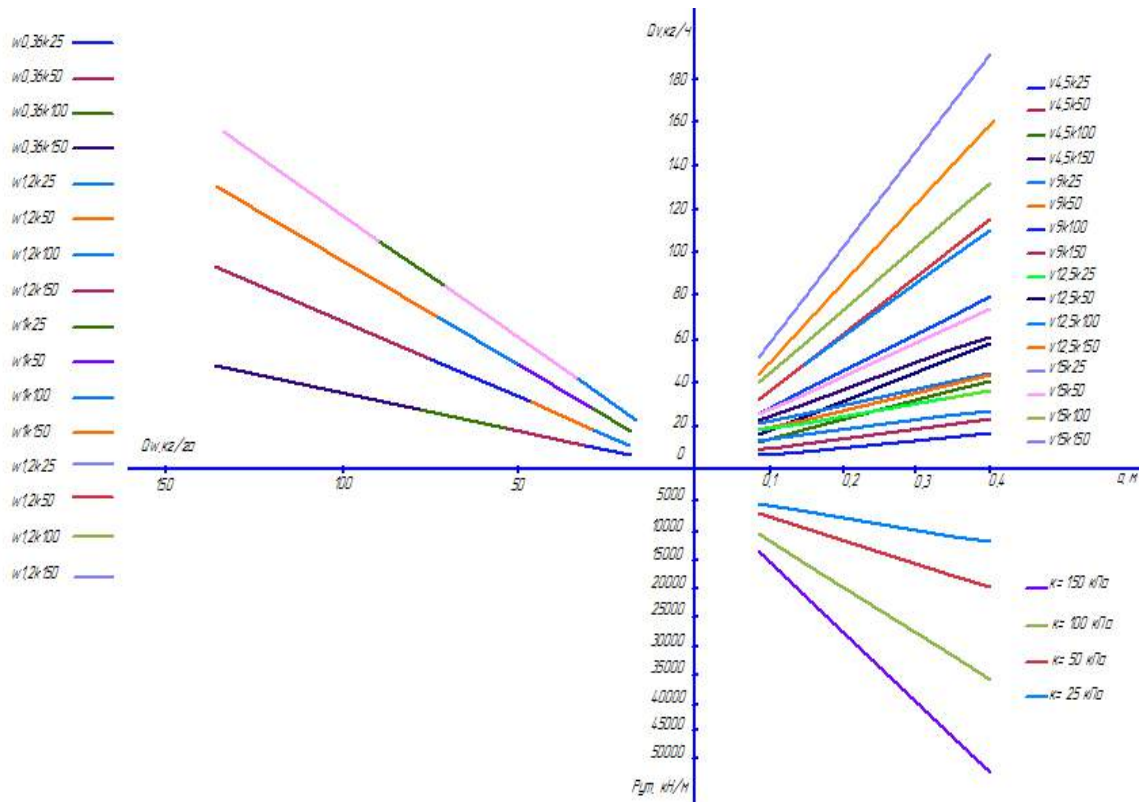


Рисунок П 3.1 – Номограмма для определения P_{yT} , Q_v , Q_w для чизельного плуга со стрельчатыми плоскими лапами (базовыми)

Таблица П. 3.2 – Расчётные данные для рабочих органов с прямоугольными лапами

				n=5	B=2,5	
				m=605		
				l=0,3		
к	а	B_n	R_{Rk}	P_{x1}	P_{T1}	P_{yT1}
25000	0,15	0,5	1875	4037,44	170 39,11	6815,644
50000	0,15	0,5	3750	5912,44	245 39,11	9815,644
100000	0,15	0,5	7500	9662,44	395 39,11	15815,64
150000	0,15	0,5	11250	13412,44	545 39,11	21815,64
25000	0,2	0,5	2500	4662,44	195 39,11	7815,644
50000	0,2	0,5	5000	7162,44	295 39,11	11815,64
100000	0,2	0,5	10000	12162,44	495 39,11	19815,64
150000	0,2	0,5	15000	17162,44	695 39,11	27815,64
25000	0,3	0,5	3750	5912,44	245 39,11	9815,644
50000	0,3	0,5	7500	9662,44	395 39,11	15815,64
100000	0,3	0,5	15000	17162,44	695 39,11	27815,64
150000	0,3	0,5	22500	24662,44	995 39,11	39815,64
25000	0,35	0,5	4375	6537,44	270 39,11	10815,64
50000	0,35	0,5	8750	10912,44	445 39,11	17815,64
100000	0,35	0,5	17500	19662,44	795 39,11	31815,64
150000	0,35	0,5	26250	28412,44	1145 39,11	45815,64

Продолжение

		$\tau=0,8$		$q=0,000238$			
		W=0,9	W=1,8	W=2,5	W=3		
N,v=4,5	N,v=9	N,v=12,5	N,v=15	Q,v=4,5	Q,v=9	Q,v=12,5	Q,v=15
30670,4	61340,8	85195,55	102234,7	7,299555	14,59911	20,27654	24,33185
44170,4	88340,8	122695,6	147234,7	10,51255	21,02511	29,20154	35,04185
71170,4	142340,8	197695,6	237234,7	16,93855	33,87711	47,05154	56,46185
98170,4	196340,8	272695,6	327234,7	23,36455	46,72911	64,90154	77,88185
35170,4	70340,8	97695,55	117234,7	8,370555	16,74111	23,25154	27,90185
53170,4	106340,8	147695,6	177234,7	12,65455	25,30911	35,15154	42,18185
89170,4	178340,8	247695,6	297234,7	21,22255	42,44511	58,95154	70,74185
125170,4	250340,8	347695,6	417234,7	29,79055	59,58111	82,75154	99,30185
44170,4	88340,8	122695,6	147234,7	10,51255	21,02511	29,20154	35,04185
71170,4	142340,8	197695,6	237234,7	16,93855	33,87711	47,05154	56,46185
125170,4	250340,8	347695,6	417234,7	29,79055	59,58111	82,75154	99,30185
179170,4	358340,8	497695,6	597234,7	42,64255	85,28511	118,4515	142,1418
48670,4	97340,8	135195,6	162234,7	11,58355	23,16711	32,17654	38,61185
80170,4	160340,8	222695,6	267234,7	19,08055	38,16111	53,00154	63,60185
143170,4	286340,8	397695,6	477234,7	34,07455	68,14911	94,65154	113,5818
206170,4	412340,8	572695,6	687234,7	49,06855	98,13711	136,3015	163,5618

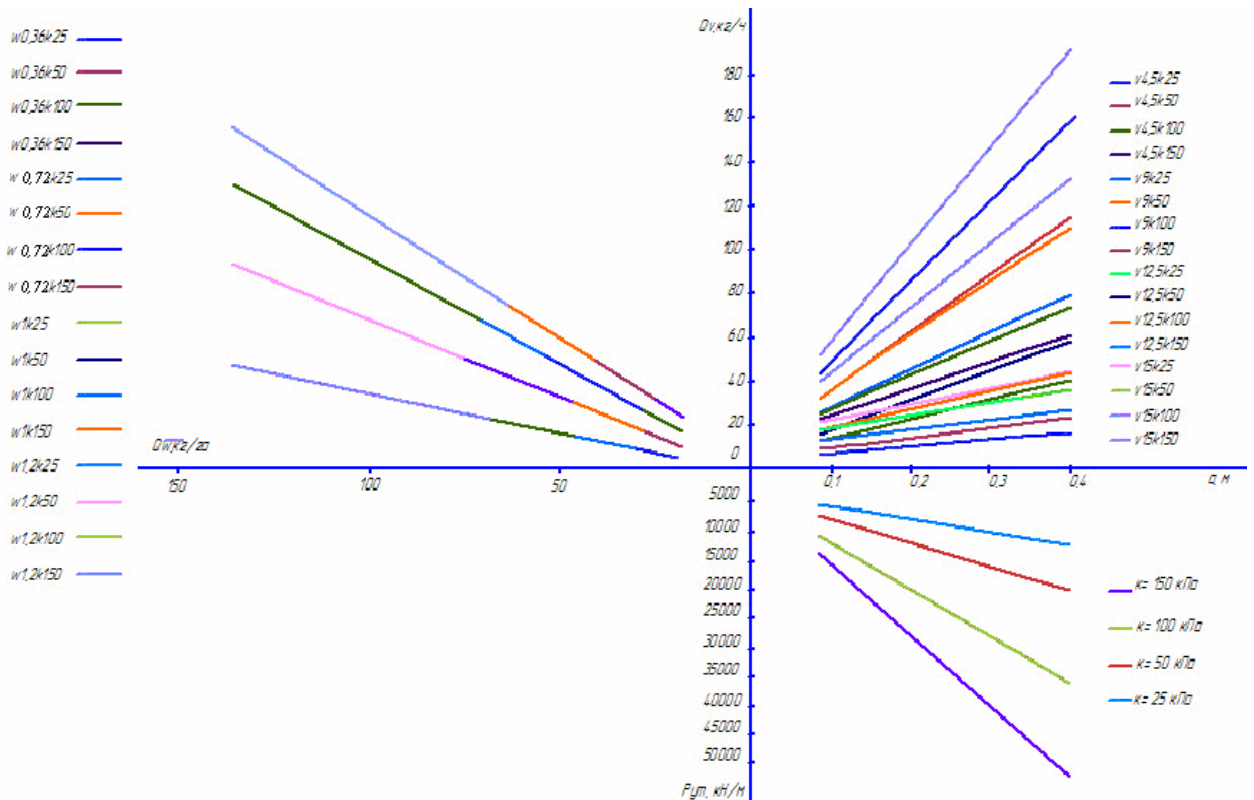


Рисунок П 3.2 – Номограмма для определения P_{T1} , Q_v , Q_w для чизельного плуга с прямоугольными лапами

Таблица П. 3.3 – Расчётные данные для рабочих органов с составными лапами

К	а	В _а	Продолжение						
			τ=0,8						
			q=0,000238						
			W=0,792	W=1,584	W=2,2	W=2,64			
n=5 B=2,2									
m=565									
l=0,3									
	a1	a2	a3	RKX2	PX2	PT2	PyT2		
25000	0,15	0,5	0,13875	0,1275	0,11625	267,9009	2406,821	9302,559	4228,436
50000	0,15	0,5	0,13875	0,1275	0,11625	535,758	2674,678	10245,42	4657,008
100000	0,15	0,5	0,13875	0,1275	0,11625	1071,472	3210,392	12131,13	5514,15
150000	0,15	0,5	0,13875	0,1275	0,11625	1607,187	3746,107	14016,85	6371,293
25000	0,2	0,5	0,18875	0,1775	0,16625	357,2037	2496,124	9616,905	4371,321
50000	0,2	0,5	0,18875	0,1775	0,16625	714,3466	2853,267	10874,05	4942,749
100000	0,2	0,5	0,18875	0,1775	0,16625	1428,632	3567,552	13388,33	6085,606
150000	0,2	0,5	0,18875	0,1775	0,16625	2142,918	4281,838	15902,62	7228,464
25000	0,3	0,5	0,28875	0,2775	0,26625	535,8094	2674,729	10245,6	4657,09
50000	0,3	0,5	0,28875	0,2775	0,26625	1071,524	3210,444	12131,31	5514,233
100000	0,3	0,5	0,28875	0,2775	0,26625	2142,952	4281,872	15902,74	7228,518
150000	0,3	0,5	0,28875	0,2775	0,26625	3214,381	5353,301	19674,17	8942,804
25000	0,35	0,5	0,33875	0,3275	0,31625	625,1123	2764,032	10559,94	4799,974
50000	0,35	0,5	0,33875	0,3275	0,31625	1250,112	3389,032	12759,94	5799,974
100000	0,35	0,5	0,33875	0,3275	0,31625	2500,112	4639,032	17159,94	7799,974
150000	0,35	0,5	0,33875	0,3275	0,31625	3750,112	5889,032	21559,94	9799,974

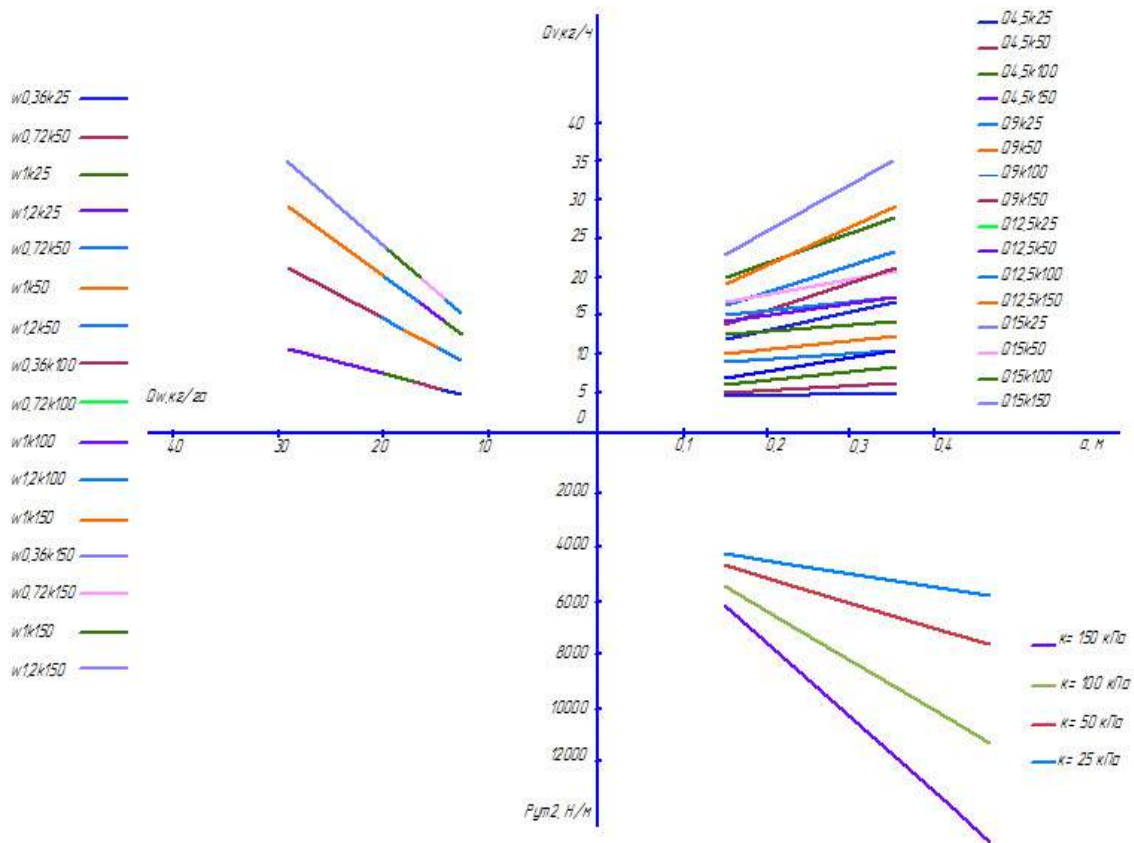


Рисунок П 3.3 – Номограмма для определения $P_{вт}$, Q_v , Q_w для чизельного плуга с составными лапами

Таблица П. 3.4 – Расчётные данные для рабочих органов со складывающимися лапами

				n=7	B=3,2		
				m=775			
				l=0,3			
к	а	v_d	v_a	ад	RKX3	PT3	PγT3
25000	0,15	0,5	0,09	0,18	2865	4997,2	1561,625
50000	0,15	0,5	0,09	0,18	5730	7862,2	2456,938
100000	0,15	0,5	0,09	0,18	11460	13592,2	4247,563
150000	0,15	0,5	0,09	0,18	17190	19322,2	6038,188
25000	0,2	0,5	0,09	0,23	3797,5	5929,7	1853,031
50000	0,2	0,5	0,09	0,23	7595	9727,2	3039,75
100000	0,2	0,5	0,09	0,23	15190	17322,2	5413,188
150000	0,2	0,5	0,09	0,23	22785	24917,2	7786,625
25000	0,3	0,5	0,09	0,33	5662,5	7794,7	2435,844
50000	0,3	0,5	0,09	0,33	11325	13457,2	4205,375
100000	0,3	0,5	0,09	0,33	22650	24782,2	7744,438
150000	0,3	0,5	0,09	0,33	33975	36107,2	11283,5
25000	0,35	0,5	0,09	0,38	6595	8727,2	2727,25
50000	0,35	0,5	0,09	0,38	13190	15322,2	4788,188
100000	0,35	0,5	0,09	0,38	26380	28512,2	8910,063

продолжение

				$\tau=0,8$	q=0,000238			
				W=1,152	W=2,304	W=3,2	W=3,84	
N,v=4,5	N,v=9	N,v=12,5	N,v=15	Q,v=4,5	Q,v=9	Q,v=12,5	Q,v=15	
7027,313	14054,63	19520,31	23424,38	1,6725	3,345001	4,645834	5,575001	
11056,22	22112,44	30711,72	36854,06	2,63138	5,26276	7,309389	8,771267	
19114,03	38228,06	53094,53	63713,44	4,549139	9,098279	12,6365	15,1638	
27171,84	54343,69	75477,34	90572,81	6,466899	12,9338	17,96361	21,55633	
8338,641	16677,28	23162,89	27795,47	1,984596	3,969193	5,512768	6,615322	
13678,88	27357,75	37996,88	45596,25	3,255572	6,511145	9,043256	10,85191	
24359,34	48718,69	67664,84	81197,81	5,797524	11,59505	16,10423	19,32508	
35039,81	70079,63	97332,81	116799,4	8,339475	16,67895	23,16521	27,79825	
10961,3	21922,59	30448,05	36537,66	2,608789	5,217577	7,246635	8,695962	
18924,19	37848,38	52567,19	63080,63	4,503957	9,007913	12,51099	15,01319	
34849,97	69699,94	96805,47	116166,6	8,294293	16,58859	23,0397	27,64764	
50775,75	101551,5	141043,8	169252,5	12,08463	24,16926	33,56841	40,2821	
12272,63	24545,25	34090,63	40908,75	2,920885	5,84177	8,113569	9,736283	
21546,84	43093,69	59852,34	71822,81	5,128149	10,2563	14,24486	17,09383	
40095,28	80190,56	111375,8	133650,9	9,542677	19,08535	26,50744	31,80892	
58643,72	117287,4	162899,2	195479,1	13,95721	27,91441	38,77001	46,52402	

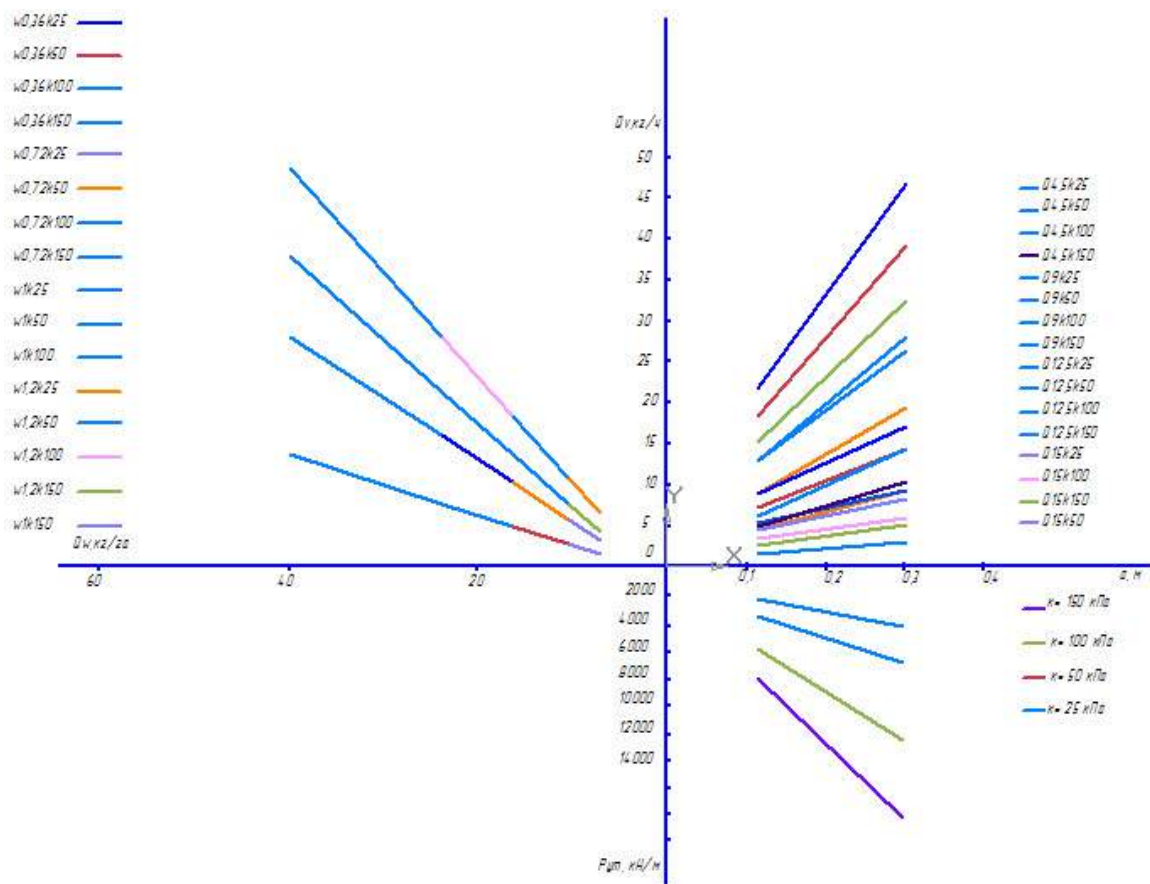


Рисунок П 3.4 – Номограмма для определения $P_{\gamma T}$, Q_v , Q_w для чизельного плуга со складывающимися лапами

Таблица П. 3.5 – Расчётные данные для рабочих органов с ярусно размещёнными лапами

		h=0,15 n=7 B=3,2						
		m=880						
		l=0,3						
к	а	$a_{1п}$	$a_{2п}$	K1	RKX4	PT4	PyT4	
25000	0,3	0,5	0,15	0,3	2500	5812,5	7988,8	2496,5
50000	0,3	0,5	0,15	0,3	2500	11437,5	13613,8	4254,313
100000	0,3	0,5	0,15	0,3	2500	22687,5	24863,8	7769,938
150000	0,3	0,5	0,15	0,3	2500	33937,5	36113,8	11285,56
25000	0,35	0,5	0,2	0,35	2500	6781,25	8957,55	2799,234
50000	0,35	0,5	0,2	0,35	2500	13343,75	15520,05	4850,016
100000	0,35	0,5	0,2	0,35	2500	26468,75	28645,05	8951,578
150000	0,35	0,5	0,2	0,35	2500	39593,75	41770,05	13053,14
25000	0,4	0,5	0,25	0,4	2500	7750	9926,3	3101,969
50000	0,4	0,5	0,25	0,4	2500	15250	17426,3	5445,719
100000	0,4	0,5	0,25	0,4	2500	30250	32426,3	10133,22
150000	0,4	0,5	0,25	0,4	2500	45250	47426,3	14820,72
25000	0,45	0,5	0,3	0,45	2500	8718,75	10895,05	3404,703
50000	0,45	0,5	0,3	0,45	2500	17156,25	19332,55	6041,422
100000	0,45	0,5	0,3	0,45	2500	34031,25	36207,55	11314,86
150000	0,45	0,5	0,3	0,45	2500	50906,25	53082,55	16588,3

продолжение

		t=0,8				q=0,000238			
		W=1,152	W=2,304	W=3,2	W=3,84				
N,v=4,5	N,v=9	N,v=12,5	N,v=15	Q,v=4,5	Q,v=9	Q,v=12,5	Q,v=15		
11234,25	22468,5	31206,25	37447,5	2,673752	5,347503	7,427088	8,912505		
19144,41	38288,81	53178,91	63814,69	4,556369	9,112737	12,65658	15,1879		
34964,72	69929,44	97124,22	116549,1	8,321603	16,64321	23,11556	27,73868		
50785,03	101570,1	141069,5	169283,4	12,08684	24,17367	33,57455	40,28946		
12596,55	25193,11	34990,43	41988,52	2,99798	5,99596	8,32722	9,993267		
21825,07	43650,14	60625,2	72750,23	5,194367	10,38873	14,4288	17,31456		
40282,1	80564,2	111894,7	134273,7	9,58714	19,17428	26,63094	31,95713		
58739,13	117478,3	163164,3	195797,1	13,97991	27,95983	38,83309	46,59971		
13958,86	27917,72	38774,61	46529,53	3,322209	6,644417	9,228357	11,07403		
24505,73	49011,47	68071,48	81685,78	5,832365	11,66473	16,20101	19,44122		
45599,48	91198,97	126665,2	151998,3	10,85268	21,70535	30,14633	36,17559		
66693,23	133386,5	185259	222310,8	15,87299	31,74598	44,09164	52,90997		
15321,16	30642,33	42558,79	51070,55	3,646437	7,292874	10,12899	12,15479		
27186,4	54372,8	75517,77	90621,33	6,470363	12,94073	17,97323	21,56788		
50916,87	101833,7	141435,7	169722,9	12,11821	24,23643	33,66171	40,39405		
74647,34	149294,7	207353,7	248824,5	17,76607	35,53213	49,35018	59,22022		

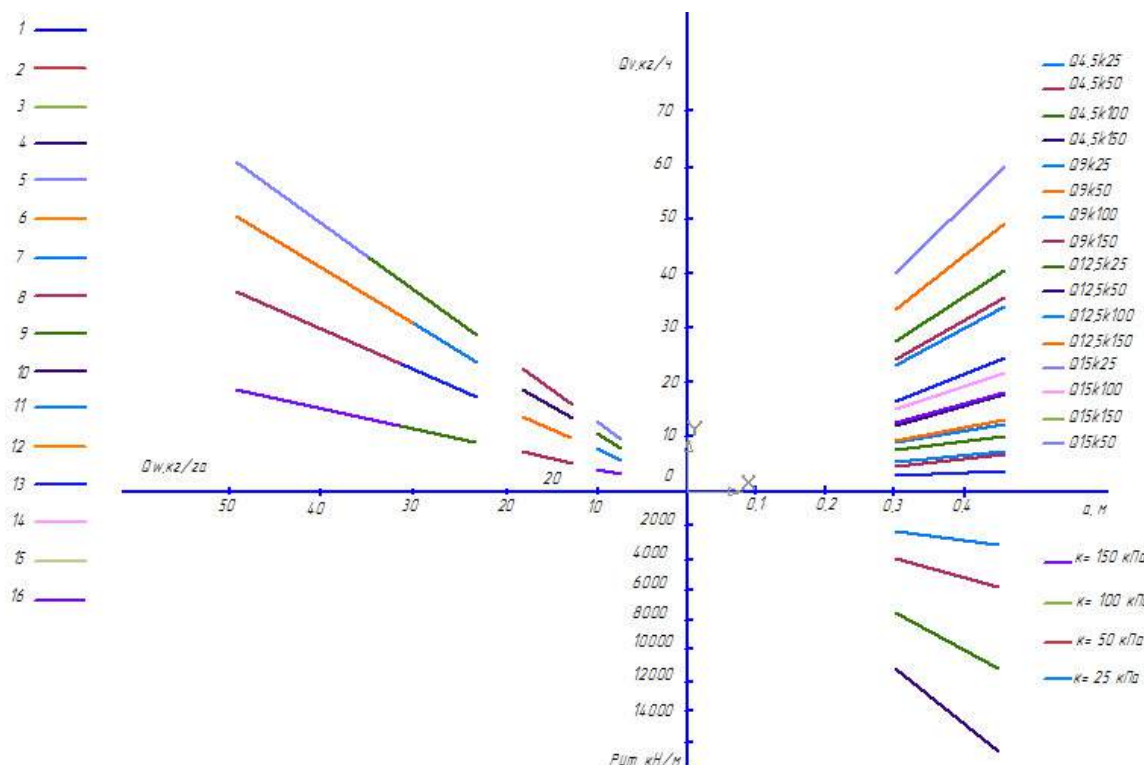


Рисунок П 3.5 – Номограмма для определения P_{wt} , Q_v , Q_w для чизельного плуга с лапами, размещёнными в 2 яруса

Таблица П. 3.6 – Расчётные данные для стойки с долотом и снятыми лапами

к	а	m=775		n=7		B=3,2		l=0,3	
		вд	RKX5	Px5	Pt5	Pyt5			
25000	0,3	0,09	675	2807,2	80988,49	25308,9			
50000	0,3	0,09	1350	3482,2	100188,5	31308,9			
100000	0,3	0,09	2700	4832,2	138588,5	43308,9			
150000	0,3	0,09	4050	6182,2	176988,5	55308,9			
25000	0,35	0,09	787,5	2919,7	84188,49	26308,9			
50000	0,35	0,09	1575	3707,2	106588,5	33308,9			
100000	0,35	0,09	3150	5282,2	151388,5	47308,9			
150000	0,35	0,09	4725	6857,2	196188,5	61308,9			
25000	0,4	0,09	900	3032,2	87388,49	27308,9			
50000	0,4	0,09	1800	3932,2	112988,5	35308,9			
100000	0,4	0,09	3600	5732,2	164188,5	51308,9			
150000	0,4	0,09	5400	7532,2	215388,5	67308,9			
25000	0,45	0,09	1012,5	3144,7	90588,49	28308,9			
50000	0,45	0,09	2025	4157,2	119388,5	37308,9			
100000	0,45	0,09	4050	6182,2	176988,5	55308,9			
150000	0,45	0,09	6075	8207,2	234588,5	73308,9			
25000	0,6	0,09	1350	3482,2	100188,5	31308,9			
50000	0,6	0,09	2700	4832,2	138588,5	43308,9			
100000	0,6	0,09	5400	7532,2	215388,5	67308,9			
150000	0,6	0,09	8100	10232,2	292188,5	91308,9			

продолжение							
t=0,8							
q=0,000238							
W=1,152	W=2,304	W=3,2	W=3,84				
N,v=4,5	N,v=9	N,v=12,5	N,v=15	Q,v=4,5	Q,v=9	Q,v=12,5	Q,v=15
113890,1	227780,1	316361,3	379633,6	27,10584	54,21167	75,29399	90,35279
140890,1	281780,1	391361,3	469633,6	33,53184	67,06367	93,14399	111,7728
194890,1	389780,1	541361,3	649633,6	46,38384	92,76767	128,844	154,6128
248890,1	497780,1	691361,3	829633,6	59,23584	118,4717	164,544	197,4528
118390,1	236780,1	328861,3	394633,6	28,17684	56,35367	78,26899	93,92279
149890,1	299780,1	416361,3	499633,6	35,67384	71,34767	99,09399	118,9128
212890,1	425780,1	591361,3	709633,6	50,66784	101,3357	140,744	168,8928
275890,1	551780,1	766361,3	919633,6	65,66184	131,3237	182,394	218,8728
122890,1	245780,1	341361,3	409633,6	29,24784	58,49567	81,24399	97,49279
158890,1	317780,1	441361,3	529633,6	37,81584	75,63167	105,044	126,0528
230890,1	461780,1	641361,3	769633,6	54,95184	109,9037	152,644	183,1728
302890,1	605780,1	841361,3	1009634	72,08784	144,1757	200,244	240,2928
127390,1	254780,1	353861,3	424633,6	30,31884	60,63767	84,21899	101,0628
167890,1	335780,1	466361,3	559633,6	39,95784	79,91567	110,994	133,1928
248890,1	497780,1	691361,3	829633,6	59,23584	118,4717	164,544	197,4528
329890,1	659780,1	916361,3	1099634	78,51384	157,0277	218,094	261,7128
140890,1	281780,1	391361,3	469633,6	33,53184	67,06367	93,14399	111,7728
194890,1	389780,1	541361,3	649633,6	46,38384	92,76767	128,844	154,6128
302890,1	605780,1	841361,3	1009634	72,08784	144,1757	200,244	240,2928
410890,1	821780,1	1141361	1369634	97,79184	195,5837	271,644	325,9728

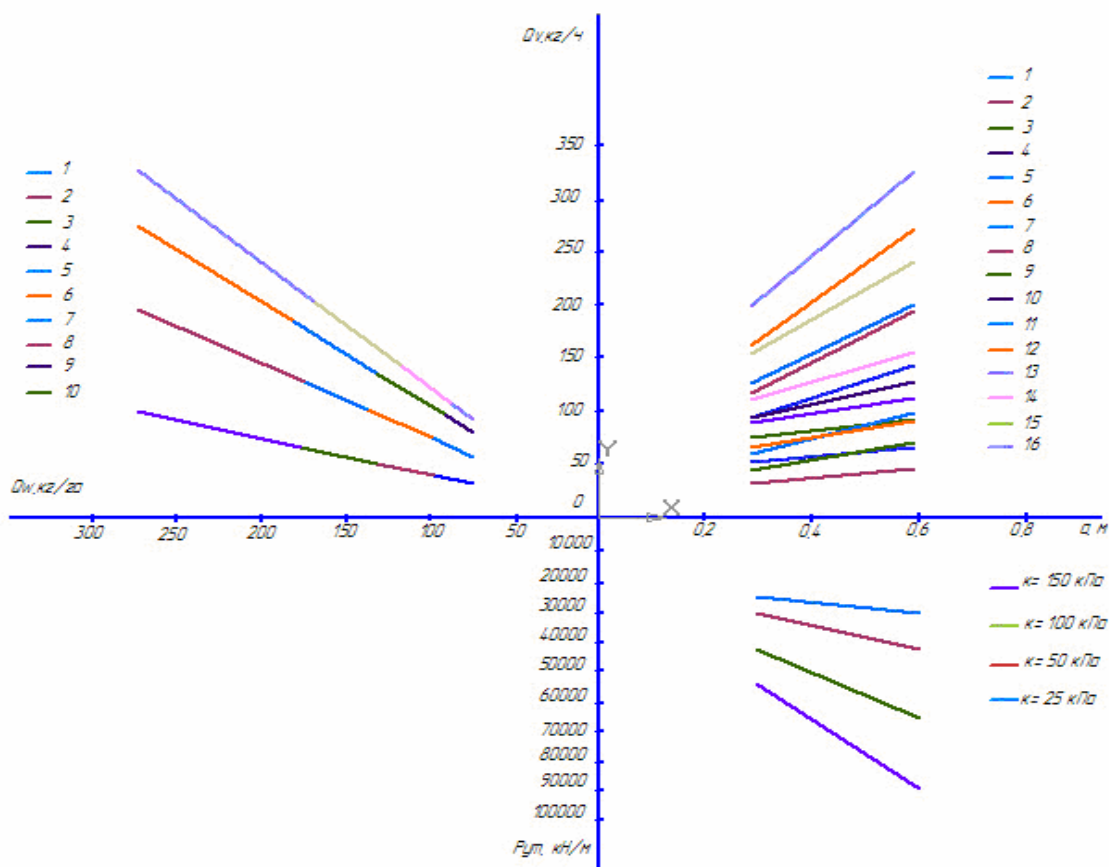


Рисунок П 3.6 – Номограмма для определения P_{yt} , Q_v , Q_w для чизельного плуга глубокого рыхления

Научное издание

Оськин Сергей Владимирович
Тарасенко Борис Федорович

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ
ФОРМИРОВАНИИ ЭФФЕКТИВНЫХ
КОМПЛЕКСОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ
АГРЕГАТОВ – ЕЩЕ ОДИН ШАГ К ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ

Монография
В авторской редакции

Дизайн обложки – Оськин С.В.

Подписано в печать 15.12.2014. Формат 60x84
Усл. печ.л. -19,3. Уч.-изд. л. -13,1.
Тираж 200 экз. Заказ №15.

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13.

