Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий
Российской академии наук

На правах рукописи

Балушкина Елена Андреевна

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЮЖНО-ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Специальность: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук,
профессор Докин Б.Д.

Новосибирск 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ 10
1.1.Характеристика условий возделывания зерна в южно-лесостепной зоне Новосибирской области 10
1.2.Анализ подходов оценки и выбора технологий 17
1.3. Анализ методов обоснования продолжительности проведения полевых работ 23
1.4.Анализ методов обоснования структуры машинно-тракторного парка . 29
1.5.Задачи исследования 41
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ 43
2.1.Обоснование выбора технологий возделывания зерновых культур 43
2.2.Теоретическое обоснование продолжительности проведения полевых работ 47
2.3.Теоретическое обоснование структуры машинно-тракторного парка.... 51
2.3.1 Метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов работ 55
2.3.2 Математическая модель и алгоритм выбора оптимального состава технических средств по совокупности критериев 61
2.4.Выводы 69
ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ 70
3.1.Программа исследований 70
3.2.Обоснование выбора методов подбора оптимального состава машинно-тракторного парка 71
3.3.Обоснование выбора хозяйства для моделирования 72
3.3.1.Характеристика хозяйства 73
3.3.2.Почвенно-климатические условия 74
3.4.Методика формирования исходных данных 75
3.5.Методика расчета эксплуатационных затрат на возделывание зерна..... 76
3.6.Методика расчета и обоснования выбора альтернативных вариантов технических средств 80

3.7.Методика оценки экономической эффективности 81
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ 83
4.1.Исходные данные по хозяйству для моделирования расчетов 83
4.2.Исходные данные по выбранным технологиям и техническому обеспечению 83
4.3.Расчеты на укрупненных данных хозяйства 89
4.4.Результаты реализации математической модели и алгоритма выбора альтернативных вариантов технических средств 92
4.5.Математическое моделирование вариантов подбора машинно-тракторного парка 92
4.6.Выводы 102
ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ 103
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 109
Приложение А (рекомендуемое). Данные хозяйства ЗАО «Новомайское» для моделирования 121
Приложение Б (рекомендуемое). Расчеты, полученные в результате моделирования 124

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Одно из основных направлений растениеводства Новосибирской области – возделывание зерновых культур. Уровень производства зерна служит одной из важнейших характеристик благосостояния региона и оценки его экономической самостоятельности. Так в Стратегии социально-экономического развития агропромышленного комплекса Сибирского федерального округа до 2035 года одним из направлений развития является насыщение внутреннего продовольственного рынка и обеспечение потребностей населения в качественной зерновой продукции. Для достижения этой цели предполагается, в частности, увеличение производства зерна с 13065 тыс. т в сравнении с периодом 2011-2015 гг. до 22000 тыс. т к 2035 г.

При имеющихся возможностях и ресурсном потенциале региона, прирост продукции растениеводства, эффективность зернового производства и повышение его конкурентоспособности сдерживаются рядом проблем, среди которых можно отметить технологическое отставание, устаревшая материально-техническая база и ее несоответствие потребностям производства и мировым стандартам.

В последние десятилетия наблюдается тенденция снижения сельского населения и обеспеченности хозяйств квалифицированными кадрами. Анализ человеческого ресурса показывает, что число работающих в сельскохозяйственных организациях с 1990 г. по 2010 г. сократилось примерно в 5 раз. Производительность труда за тот же период повысилась примерно в 4 раза. На основе анализа этих тенденций в сфере изменений кадрового ресурса можно сделать вывод о дефиците в сельскохозяйственной отрасли специалистов высокой квалификации. Чтобы решить проблему нехватки квалифицированных механизаторов, необходимо рационально и эффективно использовать трудовые ресурсы; или применять более энергонасыщенную технику – более производительную; или переходить на другую технологию возделывания и уборки зерновых культур в зависимости от уровня ресурсообеспеченности; или применять организационно-технологические мероприятия.

Однако состояние машинно-тракторного парка является одним из сдерживающих факторов развития отрасли. Недостаточная энергообеспеченность хозяйств не позволяет осваивать им инновационные технологии производства. Энерговооруженность в Новосибирской области на 2015-2019 гг. составила порядка 170 л. с. на 100 га посевов (по данным Иванова Н.М. и Корниенко И.О., СФНЦА РАН), по России этот показатель равен 200 л. с. по данным Росстата, в Европе – 400-450 л. с., в США – 850 л. с. (по данным Федоскиной И.В., РГАУ) Для освоения инновационных технологий производства в Новосибирской области необходимо порядка 300 л. с. на 100 га посевов. Кроме того, парк сельскохозяйственных машин в значительной степени устарел и происходит его ежегодное сокращение, тракторы и зерноуборочные комбайны работают с истекшими нормативными сроками эксплуатации, а обновление техники происходит невысокими темпами. При этом на сельскохозяйственном рынке появилась новая зарубежная техника, представленная различными марками и модификациями, затрудняя выбор сельхозтоваропроизводителя недостатком информации о ее применении в регионе. Однако ни Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ни Министерства сельского хозяйства регионов не разработали технологическую и техническую политику механизации сельскохозяйственного производства на перспективу. Поэтому эффективность использования техники является первостепенной задачей.

Экономика и условия рынка диктуют свои правила, стимулируя производителей сельскохозяйственной продукции к получению высокого дохода от производства и определению эффективности выбранных приемов с коммерческой точки зрения. Основным показателем и критерием выбора и оценки технологий возделывания зерна является максимум прибыли, которую товаропроизводитель может получить от внедрения той или иной технологии. Применяют и другие оценочные показатели по эффекту, получаемому от применения выбранных подходов: снижение трудовых затрат, снижение энергетических и материально-денежных затрат, прирост объемов производства продукции на основе увеличения урожайности и др.

Степень разработанности темы. Вопрос выбора технологий и оптимизации машинно-тракторного парка неоднократно поднимался на протяжении последних

десятилетий. Этому посвящены работы Беляева В.И., Булавского В.А., Борисевича И.В., Власенко А.Н., Докина Б.Д., Еникеева В.Г., Жака С.В., Жукевича К.И., Журавлева Г.Е., Иодко Л.Н., Канторовича Л.В., Кем А.А., Киртбая Ю.К., Константинова М.М., Ленского А.В, Липковича Э.И., Любимцева А.Г., Максимовой Т.Т., Мининзона В.И., Назарова Н.Н., Окунева Г.А., Павлова Б.В., Прокопенко В.А., Пронина В.М., Пушкаревой П.В., Раднаева Д.Н., Финна Э.А., Хабатова Р.Ш., Хасеневич И.М., Холмова В.Г., Шаркова И.Н., Шкурбы В.В., Щеглова П.С., Яковлева Н.С. и др.

На сегодняшний день по этой теме ведутся научные разработки в рамках научно-исследовательских работ и грантов. В качестве основных показателей экономической оценки технологий служат ресурсные и трудовые затраты на их выполнение, стоимость валовой продукции, себестоимость единицы продукции, рентабельность и чистый доход с единицы площади. Учитывая эти показатели технологий, выбирают менее затратные варианты и предлагают их производству. Также существуют методы подбора оптимального состава машинно-тракторного парка, основанные на разных стоимостных критериях. Некоторые методы реализованы в виде программного обеспечения в отечественных и зарубежных разработках.

Цель исследования. Обосновать альтернативные варианты технических средств для формирования машинно-тракторного парка при возделывании зерновых культур в южно-лесостепной зоне Новосибирской области.

Рабочая гипотеза. Выбор технических средств должен проводиться в альтернативных вариантах в зависимости от ресурсного обеспечения конкретных сельхозпредприятий и их природно-производственных условий.

Объект исследования – технологические процессы при возделывании зерна в южно-лесостепной зоне Новосибирской области.

Предмет исследования – закономерности взаимодействия технического оснащения технологических операций при возделывании зерна южно-лесостепной зоны Новосибирской области.

Задачи исследования:

1. Обосновать методы выбора технического обеспечения возделывания зерновых культур в южно-лесостепной зоне Новосибирской области.

2. Разработать математическую модель и алгоритм выбора технического обеспечения возделывания зерновых культур в южно-лесостепной зоне Новосибирской области.

3. Выявить взаимосвязь технического обеспечения возделывания зерновых культур в южно-лесостепной зоне Новосибирской области в зависимости от ресурсного потенциала сельскохозяйственного предприятия.

4. Оценить экономическую эффективность рассчитанных вариантов технических средств для возделывания зерновых культур при выбранных технологиях их возделывания.

Научную новизну исследований представляют:

- математическая модель и алгоритм выбора технического обеспечения возделывания зерновых культур, реализованные в программном обеспечении для их испытания;

- взаимосвязь технического и технологического обеспечения возделывания зерновых культур в зависимости от ресурсного потенциала сельскохозяйственного предприятия;

- методика выбора альтернативных вариантов технического обеспечения технологий возделывания зерновых культур в южно-лесостепной зоне Новосибирской области в зависимости от ресурсообеспеченности сельхозтоваропроизводителей.

Теоретическая и практическая значимость работы:

- дано теоретическое обоснование подбора технического обеспечения с учетом ограничений по срокам и объемам работ и оценки по экономическому критерию и критерию потребности в квалифицированных механизаторах;

- разработана математическая модель и алгоритм выбора оптимального состава машинно-тракторных агрегатов по совокупности критериев, позволяющие формировать машинно-тракторный парк на основе оценки экономической эффективности технологий для возделывания зерновых культур;

- даны рекомендации по выбору альтернативных вариантов технических средств при возможных ограничениях по обеспеченности в кадрах механизаторов.

Методы исследования. В ходе исследования применялись системный подход, математический анализ материалов, экономическая оценка, методы математического программирования, метод компьютерного моделирования. Экспериментальные исследования проводились на данных реального хозяйства ЗАО «Новомайское» с использованием на персональном компьютере программного комплекса «Agro» и web-приложения «АГРОТЕХ», на которые получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ: «Agro» - № 2013618207 от 04.09.2013 г., «АГРОТЕХ» - RU C №2016618502, 01.08.2016.

Положения, выносимые на защиту. В соответствии с содержанием, на защиту выносятся:

1. Математическая модель выбора технического обеспечения возделывания зерновых культур.

2. Алгоритм выбора технического обеспечения возделывания зерновых культур.

3. Взаимосвязь технического обеспечения возделывания зерновых культур в зависимости от ресурсного потенциала сельскохозяйственного предприятия.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов проведенных исследований обеспечивается применением современных методов сбора и обработки информации, современных программных средств. Достоверность подтверждена сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований с фактическими данными расчетов машинно-тракторного парка закрытого акционерного общества (ЗАО) «Новомайское» Краснозерского района Новосибирской области, соответствием полученных результатов результатам, представленным в независимых источниках.

Подбор состава машинно-тракторного парка и экономические расчеты осуществлялись с помощью web-приложения «АГРОТЕХ», которое входит в состав программного комплекса «ПИКАТ». На web-приложение «АГРОТЕХ» получено свидетельство о государственной регистрации № 2015663535 от 23.12.2015 г. На

программный комплекс «ПИКАТ» получен акт внедрения в ЗАО «Новомайское» от 30.01.2018 и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU C №2016618502, 01.08.2016.

Результаты работы докладывались и обсуждались на форсайт-сессии «Прогнозы и перспективы развития АПК Сибири: взгляд молодых ученых» (Новосибирск, 2015); на международной научно-практической конференции «информационные технологии, системы и приборы в АПК. АГРОИНФО-2016» (Новосибирск, 2016); на международной научно-практической конференции «Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых» (Новосибирск, 2017); на XVI Российской конференции «Распределенные информационно-вычислительные ресурсы (DICR-2017)» (Новосибирск, 2017); на международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения» (Новосибирск, 2018), на международной онлайн-конференции «АГРОНАУКА-2020» (Новосибирск, 2020).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 20 печатных работ, в том числе 4 работы опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и выводов по работе, списка литературы, насчитывающего 104 наименований, включая 6 иностранных источников, и приложений, изложена на 131 странице, включающих 11 рисунков, 29 таблиц.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Характеристика условий возделывания зерна в южно-лесостепной зоне Новосибирской области

По данным Министерства сельского хозяйства в Новосибирской области засевается зерновыми и зернобобовыми культурами порядка 1400 тыс. га (это число колеблется от года в год, например, в 2018 г. посевные площади составили 1403,3 тыс. га, а в 2019 г. – 1416 тыс. га), при этом лидирующими районами по сбору зерна являются Краснозерский, Ордынский и Купинский районы, иногда Коченевский (данные приведены в Таблице 1.1). Краснозерский район в среднем производит на 35,7 % зерна больше ежегодно, в сравнении с другими районами (данные приведены в Таблице 1.2).

Таблица 1.1 – Объемы производства зерна в районах-лидерах

Район	2017 г., тыс. т	2018 г., тыс. т	2019 г., тыс. т
Краснозерский	303	267,9	255,3
Ордынский	187,9	182,2	173,4
Купинский	182,9	173,4	158,6
Коченевский	-	165,5	172,5

Таблица 1.2 – Сравнение объемов производства отдельных районов с Краснозерским районом Новосибирской области в процентном соотношении

Район	2017 г., %	2018 г., %	2019 г., %
Ордынский	62	68	67,9
Купинский	60,4	64,7	62,1
Коченевский	-	61,8	67,6

Новосибирская область делится на 12 зон агроландшафтного районирования (рисунок 1.1). Большая часть Краснозерского района, как и часть Купинского, которые относятся к лидерам зернового производства области, относятся к южно-лесостепной зоне, поэтому для диссертационного исследования выбрана эта территория.

Южно-лесостепная зона Новосибирской области включает Татарский, Чановский районы, запад Барабинского и Здвинского районов, большую часть Краснозерского, север Чистоозерного и Купинского районов [1, 2].

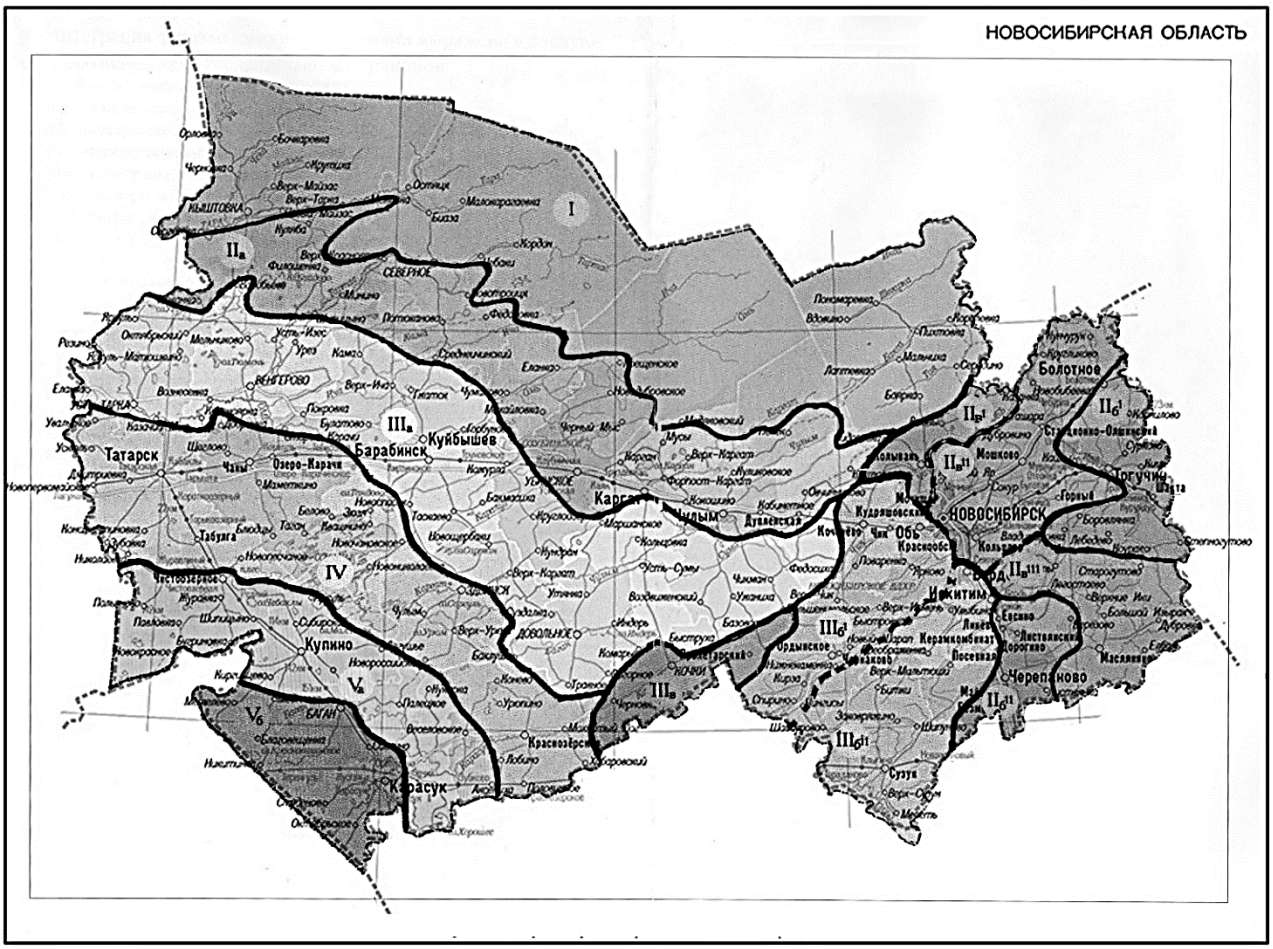


Рисунок 1.1 – Аэроландшафтное районирование Новосибирской области
(I – южно-таежно-лесной; IIа, IIб`, IIб``, IIв – северолесостепной; IIIа, IIIб`, IIIб``, IIIв – центрально-лесостепной; IV – южно-лесостепной, Va, Vб – степной)

Климат южно-лесостепной зоны континентальный, продолжительность холодного периода – 178 дней, с устойчивым снежным покровом – 157 дней, теплого – 188 дней, безморозного – 115-120 дней. Суровая и продолжительная зима в отдельные периоды сопровождается с сильными ветрами и метелями. Снежный покров на полях не превышает 24-30 см, а глубина промерзания почвы достигает 273 см. Случаются кратковременные оттепели, которые наблюдаются не ежегодно. Лето жаркое, но сравнительно короткое. Среднегодовая температура воздуха составляет 0,2 °С. Средняя температура января и июля составляют -16 – -20 °С и +18 – +20 °С соответственно. Наиболее низкие температуры зафиксированы до -47, -52 °С, максимальная температура – +37 °С.

Переходные сезоны (весна, осень) короткие и отличаются неустойчивой погодой, возвратами холодов и заморозками. Заморозки на почве начинаются во второй половине сентября и заканчиваются в конце мая. Сумма температур почвы выше 5-10 °С составляет 2010-2100°, выше 10-12 °С – 1760-1850°. Годовые среднемноголетние осадки – от 290 до 340 мм, июня – 50 мм. Более 70 % осадков выпадает в летний период. В период с апреля по октябрь выпадает (в среднем) 330 мм осадков, в период с ноября по март – 95 мм. Коэффициенты увлажнения – 0,69-0,83. Преобладают южные и юго-западные ветры [1-3].

Климатическим условиям Западной Сибири свойственна повышенная неустойчивость, погодные аномалии, в результате которых растет интенсивность деградации ландшафтов. Так как в структуре посевов на этой территории преобладают однолетние яровые культуры, весной, в самое эрозионно-опасное время, после схода снега до появления всходов, земля представляет собой нарушенную обработкой, обнаженную поверхность без растительности. Это способствует развитию эрозионных процессов и потере плодородия почвы. Повышается опасность опустынивания в силу неблагоприятных естественных и техногенных факторов. Ландшафты южной лесостепи Западной Сибири развиваются в условиях неустойчивого атмосферного увлажнения. Из-за раннего таяния снега талые воды быстро стекают, а высокие летние температуры и сильные ветры способствуют быстрому испарению из почвы влаги. В связи с этим почва быстро иссушается [3, 4].

Наиболее характерными формами рельефа являются гривы с разделяющими их межгривными понижениями, а также междуречные плоские увалы с лощинами и речными долинами, с общей их ориентацией с северо-востока на юго-запад. Гривы представляют собой линейно-вытянутые поднятия, относительная высота которых достигает 3-10 м, иногда 20 м, ширина изменяется от 300 м до 1 км, а длина – от нескольких до 20-25 км.

Доминирующее положение в составе пахотных земель области занимают черноземы, площадь которых составляет 1503,6 тыс. га или 35,6 % от всей площади пашни. Почвы представлены на территории обыкновенными черноземами, солонцеватыми или осолоделыми на гривах. В составе пашни преобладают черноземно-луговые, лугово-черноземные почвы и черноземы обыкновенные, чаще солонцеватые с различной долей солонцов. Черноземы обыкновенные, залегающие на повышенных элементах рельефа отмечаются более низкой гумусированностью. Содержание гумуса в черноземах обыкновенных находится в пределах 6-8 % [2].

Среди земель южной лесостепи можно выделить малосолонцовые земли и солонцовые земли. Малосолонцовые земли – плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых лугово-черноземных, черноземно-луговых солонцеватых почв и черноземов обыкновенных солонцеватых в комплексе с солонцами 10-30 %. Для этих земель характерно низкое содержание подвижных фосфатов, в благоприятные горы недостаток подвижных форм азота. Нормы внесения удобрений отличаются от вида культур, агроклиматических условий года и обеспеченности растений элементами питания [1, 2].

Солонцовые земли – плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых черноземно-луговых, лугово-черноземных и луговых солонцеватых почв в комплексе с солонцами более 30 %. По отношению к предыдущей группе почвы занимают преимущественно подчиненные позиции и характеризуются более тяжелым гранулированным составом, меньшими водопроницаемостью и запасами доступной влаги при наименьшей влагоемкости [1, 2].

Выбор севооборота на этих землях, помимо известных критериев, зависит от степени засоления почв и наличия солонцов в почвенном комплексе. В условиях

экстенсивного и нормального земледелия возможно освоение короткоротационных четырехпольных севооборотов с насыщением их зернофуражными культурами. В севооборотах должны преобладать солонцеустойчивые однолетние травы, донник, ячмень, овес. В интенсивном земледелии после проведения выборочной химической мелиорации расширяется набор культур, уменьшается роль чистого пара. Земли используются по интенсивному типу с заменой пара однолетними травами, зернобобовыми и другими культурами [2].

В южной лесостепи Новосибирской области распространены корнеотпрысковые сорняки: различные виды осотов, вьюнков, молокан татарский и различные виды молочаев; развиты овсюг обыкновенный и щетинники, особенно щетинник зеленый, несколько меньшее значение имеют просо куриное (ежовник обыкновенный) и просо сорнополевое; однолетние двудольные сорняки: гречиха татарская, горцы, курай, липучка оттопыренная. В виду включения в севооборот зерновых культур, обработки почвы без оборота пласта климатические условия способствуют снижению супрессивности почвы к возбудителю гельминтоспориозной корневой гнили. Распространены бурая ржавчина пшеницы, септориоз, головневые, бурая пятнистость люцерны [1, 2].

Из вредителей для этой территории характерны нестадные саранчовые и луговой мотылек, шведская и яровая мухи, стеблевые и хлебная полосатая блошки, пшеничный трипс, серая зерновая совка, крестоцветные блошки, клопы, рыжиковый скрытнохоботник, альтернариоз (черная пятнистость), пероноспороз, фитоплазмоз (виресценция), черная ножка, фузариозное увядание рапса и многолетних трав [1, 2].

Характеристика условий возделывания зерна южно-лесостепной зоны Новосибирской области представлена в Таблице 1.3. Направленность хозяйств южно-лесостепной зоны Новосибирской области – зерновое производство и молочно-мясное скотоводство. Большую площадь посевов занимают посевы зерновых, около 69 %, под кормовые культуры отведено порядка 31 % пашни [5].

Таблица 1.3 – Характеристика условий возделывания зерна южно-лесостепной зоны Новосибирской области

Наименование показателя	Южная лесостепь
Тип климата	Засушливый
Среднемноголетнее количество осадков за год, мм	290-340
Сумма температур почвы выше 5-10 °С, °С	2010-2100
Продолжительность теплого периода, дней	188
Продолжительность безморозного периода, дней	115-120
Тип почв	Обыкновенные черноземы (чаще солонцеватые)
Механический состав почв	Глинистый и суглинистый
Наличие почв, % от площади пашни	
Каменистые	-
Солонцовые	29,3
подверженные ветровой эрозии	80,0
подверженные водной эрозии	20,0
Пределы значений удельного сопротивления почв, кг/см^2	0,4-0,6
Размеры рабочих участков, % от площади пашни	
менее 10 га	6,4
10-200 га	21,6
свыше 200 га	72,0
Доля полей сложной конфигурации, %	3,1
Среднее расстояние перевозок, км	20,6

Среди сельскохозяйственных предприятий южно-лесостепной зоны большую часть занимают мелкие предприятия, доля зернового производства которых составляет 5 % (рисунок 1.2). Далее идут некрупные хозяйственные организации до 3000 га с долей производства 10,9 %. Наибольший вклад в зерновое производство (42,9 %) вносят средние по размерам сельскохозяйственных угодий с площадью пашни от 3000 до 7000 га (в целом по области их число составляет 53,9 %), и

крупные предприятия с площадью пашни свыше 7000 га (их доля составляет 41,2 %) [5].

На рисунке 1.3 представлено распределение хозяйств по формам собственности. Наиболее распространены крестьянско-фермерские хозяйства – их доля от общего числа составляет 38,6 %, и общества с ограниченной ответственностью – 19,3 %.

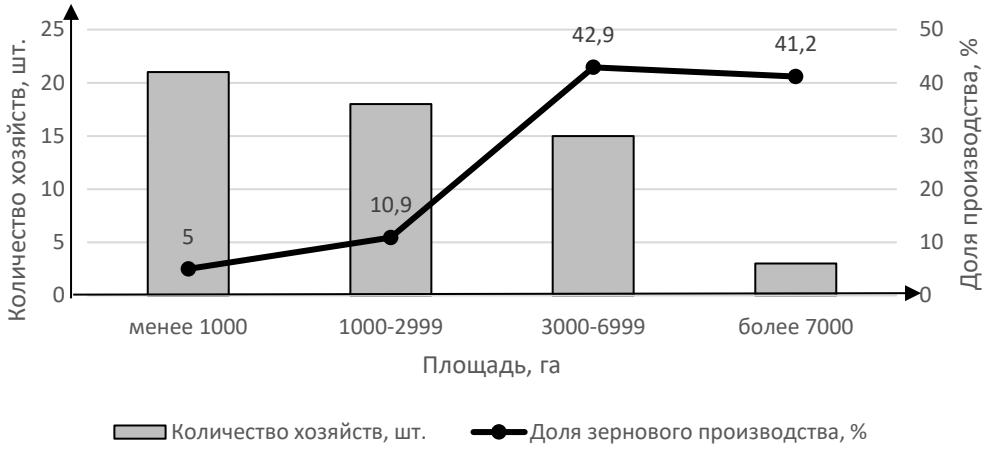


Рисунок 1.2 – Распределение посевных площадей по хозяйствам южно-лесостепной зоны Новосибирской области интенсивного и нормального уровня

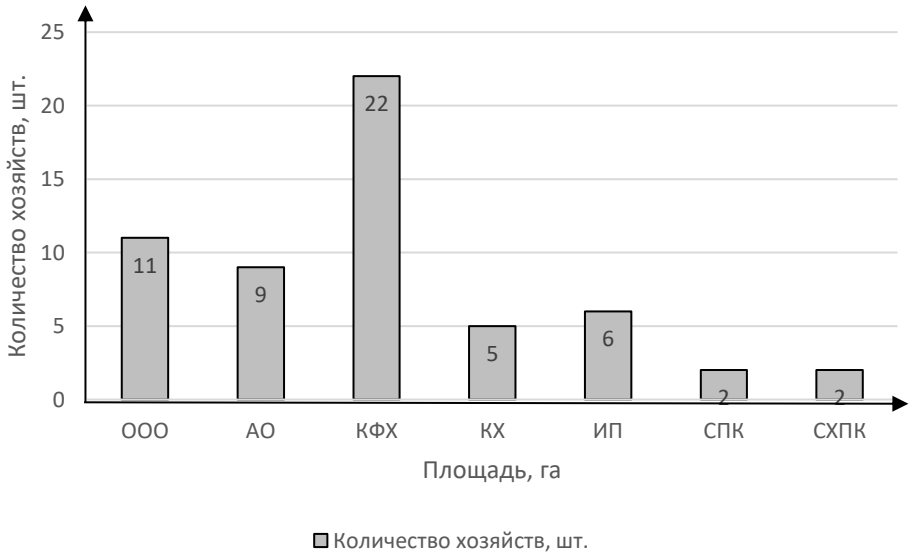


Рисунок 1.3 – Распределение форм собственности по хозяйствам южно-лесостепной зоны Новосибирской области интенсивного и нормального уровня

В связи с этим хозяйство для моделирования следует выбирать с площадями сельскохозяйственных угодий свыше 3000 га из числа крестьянско-фермерских хозяйств, обществ с ограниченной ответственностью или акционерных обществ.

1.2. Анализ подходов оценки и выбора технологий

Технология возделывания любой сельскохозяйственной культуры – это совокупность приемов и средств для производства продукции растениеводства. К приемам относятся различные виды обработки почвы, посев, внесение удобрений, защита растений и уборка урожая. Каждая операция выполняется в соответствующие календарные сроки, и ее выполнение зависит от почвенно-климатических условий и агротехнологических требований [6-8].

Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур представляют собой комплекс технических средств и технологических операций, которые направлены на достижение планируемой урожайности культур и качества получаемой продукции, экологической безопасности и экономической эффективности. Существует три уровня интенсификации: экстенсивный, малоинтенсивный (нормальный) и интенсивный.

Экстенсивные технологии – технологии, позволяющие получать урожай, за счет естественного плодородия почв, биологического потенциала сортов без применения удобрений и средств защиты или в очень ограниченных объемах.

Нормальные технологии – технологии, которые позволяют получать урожай, компенсируя вынос питательных веществ из почвы, применяя средства защиты растений в случаях появления опасных болезней, вредителей и сорняков.

Интенсивные технологии – технологии, позволяющие получать наибольшую урожайность зерновой продукции, компенсирующие питательные вещества, выносимые урожаем, и окупающие связанные с этим различные затраты: финансовые, энергетические, трудовые. При этом используются современные сорта, которые

дают высокую урожайность в условиях интенсификации, и комплексная защита растений от болезней, вредителей и сорняков.

Эти технологии включают различные агроприемы, в основе которых лежат варианты осенней обработки почвы, которыми определяется интенсивность воздействия на почву и необходимые последующие технологические операции. Осенняя обработка почвы – одна из технологических операций базовой технологии. По глубине осенней обработки почвы можно выделить следующее:

- глубокая (20-22 см) на базе отвальной вспашки;
- глубокое рыхление;
- минимальная (10-12 см);
- нулевая (no-till), без осенней обработки.

Для практической реализации технологий выращивания зерновых культур применяют различные критерии оценки. При наличии множества факторов, влияющих на выбор основной обработки почвы (почвенно-климатические особенности, наличие необходимой техники, внесение удобрений и др.), существует возможность наличия нескольких способов обработки почвы, равноценных по эффективности [9, 10]. Выбрать одну из таких технологий можно с помощью ее экономической оценки. Основными показателями при этом служат затраты ресурсов труда, необходимые на их выполнение, стоимость валовой продукции, ее себестоимость, рентабельность и доход с га. Учитывая эти показатели технологий, выбирают менее затратные, продуктивные варианты и предлагают их производству.

В методиках оценки использования машинно-тракторного парка, до 1991-1993 гг. [11, 12], при планировании хозяйственной деятельности основными показателями экономической эффективности являлись срок окупаемости, прибыль, приведенные затраты, коэффициент эффективности капиталовложений, лимитная цена. В целях сокращения расчетов при сравнении большого числа альтернативных решений, например, приобретения технологически взаимозаменяемых машин с разными ценами и эксплуатационными затратами, в качестве показателя внутрисистемной

экономической эффективности с точки зрения целесообразности следовало использовать приведенные затраты, а коммерческой эффективности – приведенную прибыль. Среди приведенных выше показателей основными по экономическому эффекту считались капиталовложения и издержки на производство, а если оценивалась машина или комплекс машин, машинная технология, – эксплуатационные затраты.

Согласно методикам 1997 и 2010 гг. [13, 14] окончательная оценка технологий и сельскохозяйственных машин проводилась по экономической оценке. Если оценивалась отдельная машина (специализированная, комбинированная или универсальная), комплекс машин или технология, в качестве основного показателя экономической эффективности применялся прирост прибыли от производства продукции. При оценке по экономическим критериям отдельных машин или их комплексов, если изменялось качество получаемой продукции, и не было увеличения объемов производства, учитывалось снижение эксплуатационных затрат [15].

Одним из подходов при выборе технологий является оценка экономической эффективности по величине дохода. Так, например, в работе Власенко А.Н., Шаркова И.Н., Иодко Л.Н. [16] по уровню дохода определялась экономическая эффективность систем основной обработки почвы. В работе сравнивались четыре способа основной обработки почвы при экстенсивной и интенсивной технологиях возделывания культур (Таблица 1.4).

Доход в данном случае представляет собой разницу между выручкой и прямыми затратами в расчете на 1 га пашни, образующимися в результате возделывания и уборки культур. Для выявления разницы в затратах при разных способах обработки почвы в работе учитывались лишь те операции, которыми технологии отличаются друг от друга. Однако для оценки технологий необходимо учитывать весь комплекс работ, а не отдельные технологические операции, чтобы оценить загрузку машинно-тракторного парка и оптимизировать количество техники за счет сопоставления затрат на технику и потери урожая.

Другим подходом при выборе технологий является их оценка по уровню урожайности, которая применяется в ряде работ [17, 18]. Так Холмов В.Г. [19] при сравнении различных технологий использует следующие показатели: урожайность

Таблица 1.4 – Экономическая эффективность систем основной обработки почвы в пятипольном зерновом севообороте (в расчете на 1 га пшеницы)

Основная обработка почвы	Выход зерна, ц/га	Выручка, руб./га	Затраты, руб./га								Доход, руб./га
			ГСМ	оплата труда	обслуживание и ремонт техники	амортизация техники	семена	удобрения	пестициды	всего	
Экстенсивная технология											
Вспашка	17,4	4796	631,4	135,8	12,6	272,1	550	-	120	1721,9	3074
Безотвальная	16,9	4730	620,5	134,3	12,4	301,3	550	-	120	1738,5	2992
Минимальная	16,2	4484	537,9	111,6	10,8	300,1	550	-	120	1630,4	2854
No-till	15,4	4236	498,5	104,4	10,0	298,1	550	-	120	1581,0	2655
Интенсивная технология											
Вспашка	26,3	8240	697,3	167,0	13,9	357,4	550	1077,2	936	3798,8	4441
Безотвальная	26,2	8327	660,9	161,5	13,2	361,0	550	1077,2	936	3759,8	4567
Минимальная	25,1	7956	558,9	136,7	11,2	344,3	550	1077,2	936	3614,3	4342
No-till	24,3	7712	477,9	121,4	9,6	337,8	550	1077,2	1056	3629,9	4082

зерновых культур, ресурсные, энерго- и трудовые затраты. Он указывает, что система обработки почвы в технологическом процессе возделывания сельскохозяйственных культур занимает около 40 % энергетических и 25 % трудовых затрат. Критерий минимума энергозатрат, не будучи стоимостным, дает оценку издержек производства опосредованно через оценку стоимости ресурсов.

Таблица 1.5 – Экономическая эффективность возделывания яровой пшеницы по пару в зависимости от технологии возделывания (средняя за 1988-2000 гг., в ценах 2000 г.)

Система обработки почвы	Урожайность, т/га	Стоимость валовой продукции, руб./га	Себестоимость 1 т зерна, руб.	Рентабельность, %	Прибыль с 1 га посева, руб.
Контроль (без химизации)					
Отвальная	2,33	5198	582	2,83	3841
Комбинированная	2,16	4848	603	2,72	3546
Плоскорезная	2,08	4653	613	2,65	3378
Минимально-нулевая	1,97	4580	618	2,76	3362
Гербициды					
Отвальная	2,47	5477	660	2,36	3847
Комбинированная	2,40	5309	648	2,41	3754
Плоскорезная	2,40	5382	648	2,46	3827
Минимально-нулевая	2,23	4956	670	2,32	3463
Удобрения					
Отвальная	2,60	5812	720	2,10	3940
Комбинированная	2,43	5470	731	2,08	3693
Плоскорезная	2,41	5404	737	2,04	3627
Минимально-нулевая	2,31	5129	726	2,06	3451
Удобрения + гербициды					
Отвальная	2,74	6117	777	187	3988
Комбинированная	2,69	5984	773	188	3904
Плоскорезная	2,72	6050	755	195	3996
Минимально-нулевая	2,67	5928	747	197	3933
Удобрения + гербициды + фунгициды					
Отвальная	2,97	6687	875	157	4089
Комбинированная	2,96	6627	864	159	4068
Плоскорезная	2,96	6616	856	161	4083
Минимально-нулевая	2,85	6373	869	157	3896
Комплексная химизация					
Отвальная	3,05	6844	878	156	4167
Комбинированная	3,13	7012	843	166	4373
Плоскорезная	3,19	7143	817	174	4536
Минимально-нулевая	3,02	6769	846	165	4215

Экономическую эффективность технологий Холмов В.Г. связывает с уменьшением или увеличением продуктивности и повышением стоимости удобрений и средств защиты, способствующих увеличению урожайности (Таблица 1.5) [19].

Холмов В.Г. считает, что для решения проблемы увеличения производства растениеводческой продукции следует использовать разработки систем земледелия, почвозащитные и менее затратные приемы обработки почвы с применением в широком ассортименте средств химизации. Это позволит при относительно высокой стоимости затрат, ценах на зерно и продуктивности с гектара окупить затраты, поэтому он указывает на преимущество интенсивных технологий.

Однако урожайность является необходимым, но не достаточным показателем для оценки технологий. При выборе технологий и машин принцип необходимости и достаточности выполняется при условии, что, кроме уровня урожайности, учитывается уровень эксплуатационных затрат по заданной технологии. Этот показатель можно определить, если обоснована структура машинно-тракторного парка и определены экономические показатели его эксплуатации.

Выбор технологий находится в тесной взаимосвязи с используемой техникой, поскольку комплексная оценка на основе определения оптимального оснащения хозяйства современными техническими средствами, разработанными по последним достижениям научно-технического прогресса, является основным фактором повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Так Ленским А.В. и Хасеневичем И.М. [20] предложен алгоритм определения наиболее эффективных технологий и технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур. В этом алгоритме учитываются почвенно-климатические особенности, дается характеристика технико-экономических условий производства, проводится анализ экономической эффективности использования техники. По мнению авторов это позволит избежать необоснованных затрат, которые могут возникнуть в процессе выбора технологии из-за избытка или недостатка некоторых ресурсов. Предполагается, что в оценке вовлеченности ресурсов в процесс производства и возможности их эффективного использования заключается эконо-

мический аспект. В предложенном алгоритме анализ экономической эффективности использования технологии заключается в оценке материальных и трудовых затрат, оценке дохода и уровня рисков. Выбирается та технология, экономическая эффективность которой выше типовой.

1.3. Анализ методов обоснования продолжительности проведения полевых работ

Влияние сроков и продолжительности выполнения полевых работ на конечный сбор продукта – одна из наиболее характерных особенностей сельскохозяйственного производства. Опыт и практика хозяйств показывают, что уменьшение продолжительности проведения полевых работ приводит к увеличению урожая и улучшению качества сельскохозяйственной продукции. Кроме того, определение сроков выполнения полевых работ имеет большое значение и для определения потребности в тракторах и сельскохозяйственных машинах [21].

В 1981-1985 гг. МСХ СССР были предложены рекомендации для определения нормативов потребности хозяйств в технических средствах, выраженные в продолжительности сроков проведения технологических операций. Было рекомендовано: 2-3 дня на закрытие влаги, 3-4 дня на предпосевную культивацию, 3-4 дня на посев, 4-5 дней на скашивание в валки, 7-8 дней на подбор валков, уборку зерна и соломы, 12-14 дней на вспашку зяби [22]. Но из-за высева культур разных сортов с различными сроками созревания, погодных условий сроки высева, а, следовательно, и уборки могут в несколько раз превышать эти сжатые сроки. С появлением новых технологий и новой техники исчезли некоторые технологические операции, другие же стало возможным выполнять за один проход машинно-тракторного агрегата [23].

Сокращение продолжительности работ и выполнение технологических операций в оптимальные сроки приводит к увеличению урожайности и повышению

качества получаемой продукции, т.к. сроки проведения полевых работ влияют на урожайность возделываемых культур. Однако их чрезмерное сокращение приводит к увеличению в потребности в технике, тем самым снижая ее годовую загрузку. Годовая загрузка техники, согласно национальному стандарту Российской Федерации ГОСТ Р53056-2008 [24], обратно пропорциональна эксплуатационным затратам, следовательно, снижение годовой загрузки техники ведет к увеличению эксплуатационных затрат [21].

В свою очередь, с увеличением годовой загрузки сельскохозяйственной техники снижаются эксплуатационные затраты. Этого можно добиться, растягивая сроки проведения полевых работ, так как при этом будет снижаться потребность в количестве техники, следовательно, возрастет ее годовая загрузка. Однако увеличение сроков проведения работ ведет к увеличению потерь урожая [21, 25, 26].

Эта зависимость может быть выражена следующим уравнением [21, 25]:

$$U_i = AD_i^2 + BD_i + U_0, \qquad (1.3.1)$$

где: U_i – текущее значение урожайности, ц/га;

D_i – продолжительность выполнения работы от оптимального момента, день (сутки);

A – коэффициент уравнения, ц/(га·день^2);

B – коэффициент уравнения, ц/(га·день);

U_0 – урожайность, полученная в результате выполнения работ в оптимальные сроки, ц/га.

Коэффициенты A и B – отрицательны.

Поэтому обоснование сроков проведения полевых работ должно проводиться не только по агрономическим условиям, но и по экономическим критериям.

Оптимизацией технического обеспечения сроков проведения полевых работ занимались многие исследователи (Киртбая Ю.К. [25], Антошкевич В.С. [27], Хабатов Р.Ш. [28], Саклаков В.Д. [21], Чепурин Г.Е., Докин Б.Д. [22] и др.). Рассмотрим некоторые варианты нахождения оптимальной продолжительности проведения полевых работ.

Всесоюзным научно-исследовательским институтом механизации и электрификации сельского хозяйства (ВИМ) была предложена методика [29], применявшаяся в Советском Союзе. Она заключалась в определении предельной продолжительности проведения сельскохозяйственных работ, связанной с потерями (недобором) урожайности и оправданной по экономическим показателям, и представляет собой отклонение от агрономических сроков проведения этих работ, выраженное в рабочих днях. При расчетах учитывались изменения начала проведения сельскохозяйственных работ, которым соответствовали минимальные суммы возможных потерь урожая и затрат производства. Тенденция роста возможных потерь являлась значительной при определении предельного срока проведения работ.

В данной методике для определения предельной продолжительности проведения полевых работ выполнялось суммирование показателей продолжительности проведения работ, при котором учитывались отклонения начала их выполнения от периода, соответствующего допустимым потерям урожая, а стоимость этих потерь рассчитывалась по закупочным ценам с учетом всех дополнительных доплат.

Киртбая Ю.К. [25] указывал особенность, характерную для сельскохозяйственного производства, – влияние сроков проведения сельскохозяйственных работ на сбор продукции. Увеличение срока выполнения этого процесса приводит к снижению капиталовложений в машинно-тракторный парк и одновременно приводит к снижению урожайности. Им была предложена формула экономически оптимальной продолжительности выполнения работ, установленная в результате исследования функции (1.3.1):

$$D_{ОПТ} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} C_{бi} H_a K_i}{K_П U_{\max} C_П W_Ч T_c}}, \qquad (1.3.2)$$

где: $C_{бi}$ – балансовая стоимость машины в агрегате, руб.;

H_a – годовая норма амортизационных отчислений, доля;

K_i – использование машины в одном процессе по отношению к общему времени использования в году, доля;

K_n – коэффициент учета потерь урожая при увеличении срока выполнения

работы от оптимального момента на единицу времени (сутки), доля;

U_{max} – значение урожайности, соответствующее выполнению работ в оптимальные сроки, ц/га;

$C_п$ – стоимость единицы продукции, руб./ц;

$W_ч$ – производительность агрегата, га/час;

T_c – суточная продолжительность использования агрегата, час.

Поскольку часовая производительность в отдельных процессах не одинакова, приходится варьировать числом агрегатов в определенных пределах, суточной продолжительностью их использования и числом суток работы. Суточная продолжительность использования агрегатов также ограничивается наличием кадров механизаторов.

Антошкевич В.С. [27] в своей работе указывает, что обоснование оптимального срока выполнения важнейших сельскохозяйственных работ может проводиться по формуле:

$$t_ф = \sqrt{\frac{2J_п t_н t_{экс}}{П_{экс}}}, \qquad (1.3.3)$$

где: $t_ф$ – оптимальный срок проведения работ, дни;

$J_п$ – переменная часть приведенных затрат при нормированной продолжительности выполнения работ, руб./га;

$t_н$ – нормативная продолжительность выполнения работ, принятая при установлении норм амортизационных отчислений, дни;

$t_{экс}$ – число дней, прошедших между возможным началом работ и экспериментально полученными данными о потерях урожая, дни;

$П_{экс}$ – экспериментально полученные на конец анализируемого срока проведения работы данные о потерях урожая, руб./га.

В этом выражении не учитывается приходящуюся на данный вид работ доля переменной части приведенных затрат на технику, в отличие от выражения Киртбая Ю.К. (1.3.2). Также не учитывается неодновременное созревание полей.

Саклаков В.Д. [21] опубликовал следующее выражение, несколько иначе

определяющие потери урожая:

$$Д_р^{опт} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} C_{бi} a_i \gamma_i}{100 K_n U C_n W_{дн}}}, \qquad (1.3.4)$$

где: $Д_р^{опт}$ – оптимальная продолжительность выполнения работы, дни;

$C_{бi}$ – балансовая стоимость машины i, руб.;

a_i – процент отчислений на реновацию машины i, %;

γ_i – доля данной работы в общем объеме работ, выполняемых машиной i, доля;

K_n – коэффициент учета потерь урожая при увеличении продолжительности работы на 1 день/час в отличии от оптимального, доля/день (доля/час);

U – урожайность культуры, ц/га;

C_n – закупочно-сдаточная цена продукта, руб./ц;

$W_{дн}$ – суточная производительность агрегата, га/день.

Приведенное выражение позволяет вычислить продолжительность проведения сельскохозяйственных работ, целесообразных с точки зрения экономики.

Докиным Б.Д. [22] было предложено выражение для нахождения оптимальных сроков:

$$Д_р = \sqrt{\frac{Б_т\left(\alpha_т + E_н\right)\gamma'_т \gamma''_{созр} + Б_{сц}\left(\alpha_{сц} + E_н\right)\gamma'_{сц}\gamma''_{созр}}{K_{сп} U Ц W_{дн}} + \frac{Б_{схм}\left(\alpha_{схм} + E_н\right)\gamma'_{схм}\gamma''_{созр} + \left(P_т\gamma'_т + P_{сц}\gamma'_{сц} + P_{схм}\gamma'_{с[v}\right)\gamma''_{созр}}{K_{сп} U Ц W_{дн}}}, \qquad (1.3.5)$$

где: $Д_р$ – продолжительность проведения работы, час или день;

$Б_т, Б_{сц}, Б_{схм}$ – балансовая стоимость трактора, сцепки и сеялок (сельхозмашин), руб.;

$\alpha_т, \alpha_{сц}, \alpha_{схм}$ – нормы отчислений на реновацию трактора, сцепки и сельхозмашин;

$\gamma'_т, \gamma'_{сц}, \gamma'_{схм}$ – часть удельных капиталовложений, а также годовых отчисле-

ний на реновацию и хранение, находящаяся в зависимости от коэффициентов потерь на работах, которые выполняет конкретный машинно-тракторный агрегат (трактор, сцепка и сельхозмашина) в течение года;

$\gamma''_{созр}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность «созревания полей»;

$P_т$, $P_{сц}$, $P_{схм}$ – годовое отчисление на хранение машин вида i, руб.;

$K_{сп}$ – средний коэффициент потерь урожая в зависимости от продолжительности работ, часть/день;

U – урожайность культур, ц/га;

$Ц$ – закупочно-сдаточная цена на единицу продукции, руб./ц;

$W_{дн}$ – дневная производительность машинно-тракторного агрегата, га/день;

$E_н$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

Чтобы определить оптимальную продолжительность сроков проведения полевых работ, первую производную функции совокупных затрат по продолжительности проведения технологической операции приравнивают нулю. Если вторая производная этой функции больше нуля, то в точке, где первая производная равна нулю, функция имеет минимум [30].

Таким образом, общие затраты напрямую зависят от двух взаимосвязанных факторов: количество занятой техники, определяемое издержками на эксплуатацию, и величина потерь урожая при увеличении продолжительности или несвоевременности сроков проведения работ. При решении задачи подбора технических средств для производства необходимо читывать оба фактора и находить оптимальное для них решение [21].

При наличии определенного количества технических средств продолжительность проведения различных операций можно сократить только до определенных значений. Дальнейшее сокращение продолжительности выполнения механизированных работ становится возможным только при условии увеличения количества технических средств. Таким образом, сокращение продолжительности выполнения операций по возделыванию сельскохозяйственных культур приводит, с одной стороны, к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур и, с другой, к

удорожанию машинно-тракторного парка. Очевидно, сокращать сроки выполнения сельскохозяйственных работ экономически целесообразно до тех пор, пока прибавка урожая в денежном выражении будет выше дополнительных приведенных затрат на механизацию рассматриваемых процессов [31].

Изменение сроков проведения полевых работ связано с изменением состава парка машин предприятия, поэтому обоснование сроков проведения операций должно проводиться вместе с решением задачи подбора оптимального состава машинно-тракторного парка.

1.4. Анализ методов обоснования структуры машинно-тракторного парка

Любая работа по организации производства (создание, расширение или обновлению) должна сопровождаться с экономическим обоснованием и выбором эффективного оборудования, машин и комплексов. Наиболее важная проблема, от решения которой можно ожидать наивысшей отдачи при минимальных капиталовложениях, – формирование оптимальных составов машинно-тракторного парка и высокоэффективная организация использования техники, требующая увеличения продолжительности использования агрегатов в течение года, что позволяет снизить потребность в технике. В проекте Российской Федерации «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» в разделе подпрограммы «Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие» машинно-технологический комплекс называется основной производственной системой, базой аграрного производства [32-36].

Методология оптимизации машинно-тракторного парка для растениеводства предполагает применение линейных, линейно-целочисленных математических моделей функционирования машинно-тракторного парка хозяйств в течение типичного сельскохозяйственного года [37].

Анализ литературы, отражающей как разработанные ранее методы оптимизации машинно-тракторного парка, так и новые пути, показал, что в качестве критерия расчета количественного и качественного состава машинно-тракторного парка в хозяйствах использовались:

- минимум количества тракторов;
- минимум затрат труда;
- минимум эксплуатационных издержек;
- стоимостный критерий – минимум приведенных, дифференциальных затрат и т.д.;
- минимум энергозатрат и др.

Задача оптимизации состава машинно-тракторного парка заключается в определении состава технических средств, обеспечивающего заданные сроки выполнения полевых работ. Этот вопрос рассматривался в работах Пушкаревой П.В. [38, 39], Финн Э.А. и Шкурба В.В. [40-42], Жака С.В. [43], Хабатова Р.Ш. [44], Пронина В.М. и Прокопенко В.А. [45], Киртбая Ю.К. [25], Жукевича К.И. [46], Докина Б.Д. [47], Канторовича Л.В. [48], Журавлева Г.Е. [49, 50], Борисевича И.В. [51], Любимцева А.Г. [52], Еникеева В.Г. [53], Липковича Э.И. [54], Мининзона В.И. [55] и др. Рассмотрим некоторые методы подробнее.

В Сибирском филиале ВИМ (СибИМЭ) была разработана методика оптимального состава машинно-тракторного парка колхозов и совхозов [38, 56], в которой в качестве критерия оптимальности используется минимум общих затрат. Модель задачи комплектования машинно-тракторного парка позволяет рассмотреть три варианта постановки задачи: выбор парка, приобретение новой техники и распределение уже имеющейся техники по работам.

Весь промежуток времени производственного процесса делится на T периодов. Для j-й сельскохозяйственной работы заданы ее объем – P_j, начало и конец ее выполнения – t_j^0, t_j'. Кроме того, считается заданным список из n_j агрегатов, выполняющих работу j. Каждый агрегат характеризуется числами:

λ_{ij}^s – число машин марки i, входящей в s-й агрегат, выполняющий работу j, шт.;

a_j^s – производительность агрегата за период, га/период;

c_j^s – прямые затраты при работе агрегата в течение периода, руб.

Задача состоит в определении величин:

$x_j^s t$ – количество агрегатов вида s, занятых на выполнении работы j, которые работают в период t, шт.;

y_i – количество машин марки i, которое необходимо приобрести, шт.;

z_i – количество машин марки i, шт., которое следует описать из условий:

$$x_j^s t \geq 0; y_i \geq 0; z_i \geq 0\,, \tag{1.4.1}$$

$$j = 1, 2, ..., n; t = t_{j;} t_j^0 + 1, ..., t'_j; s = 1, 2, ...n_j; i = 1, 2, ..., m\,, \tag{1.4.2}$$

$$\sum_{t=t_j^0}^{t_j} \sum_{s=1}^{n_j} \alpha_j^s x_{jt}^s t = P_j;\ j = 1, 2, ..., n\,, \tag{1.4.3}$$

$$\sum_j \sum_{s=1}^{n_j} \lambda_{ij}^s x_{jt}^s \leq Q_i + y_i - z_i; t = 1, 2, ..., T; i = 1, 2, ..., m\,, \tag{1.4.4}$$

где суммирование берется лишь по тем работам j, которые могут выполняться в период t.

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{t=t_j^0}^{t_j} \sum_{s=1}^{n_j} C_j^s x_{jt}^s + \sum_{i=1}^{m} d_i \left(Q_i + y_i - z_i\right) + \alpha \sum_{i=1}^{m} C_i y_i\,, \tag{1.4.5}$$

Q_i – количество машин i-й марки, имеющееся в хозяйстве, шт.;

C_i – стоимость приобретения одной машины i-й марки, руб.;

d_i – стоимость содержания одной машины i-й марки за весь рассматриваемый промежуток времени, руб.;

α – некоторый коэффициент, который характеризует эффективность капиталовложений.

В соответствии с разработанной методикой Булавским В.А. и Канторовичем Л.В. была составлена программа, которая рассчитывала оптимальную структуру машинно-тракторного парка итеративным методом линейного программирования.

Финн Э.А., Шкурба В.В. [40-42] в качестве критерия оптимальности предложили количество тракторов, считая его идентичным минимуму прямых эксплуатационных затрат:

$$L = \sum_{i=1}^{N} x_i \,, \qquad (1.4.6)$$

где: x_i – общее количество требующихся в хозяйстве тракторов i-го типа, шт.;

L – общее количество тракторов в составе парка, шт.;

N – количество рассматриваемых типов тракторов, шт.

Таким образом, задача оптимизации состава машинно-тракторного парка была приведена к общей транспортной задаче благодаря этому критерию, далее решение искали методом потенциалов. Они полагали, что состав тракторного парка, соответствующий минимальной величине этого критерия, обеспечит его минимальную стоимость и минимальную общую себестоимость всех тракторных работ за счет возможного использования на каждой операции более производительных агрегатов. Однако привлечение более энергомощных машин не всегда означает выбор оптимальной структуры машинно-тракторного парка и не всегда дает минимум приведенных затрат на выполнение сельскохозяйственных работ, т.к. у менее производительных машин прямые эксплуатационные затраты на единицу выполняемой работы ниже.

В работе Жака С.В. [43] в качестве критерия оценки предлагается минимум полных затрат и потерь. Математическая модель выбора оптимальной системы сельскохозяйственных машин выглядит следующим образом: найти план использования машин ($j=1...,n$) по операциям ($i=1,...,m$) и дням работы ($t=1,...,T$), т.е. целые числа $n^t_{ij} \geq 0$ и определяемые ими «суммарные» характеристики (требуемое количество машин типа j):

$$N_j = \max_t \sum_{i=1}^{m} n^t_{ij} \,, \qquad (1.4.7)$$

удовлетворяющие условиям выполнения производственного процесса:

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{t \in T_i} \omega^t_{ij} n^t_{ij} \geq V_i, i = 1,...,m \,, \qquad (1.4.8)$$

где: ω^t_{ij} – соответствующая производительность, га/день;

V_i – заданные объемы, га;

T_i – допустимые сроки для i-й операции,

и обеспечивающие минимум функции полных затрат и потерь:

$$L = \sum_{j=1}^{n} C_j N_j + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} \sum_{t_e T_i} q_{ij}^t n_{ij}^t \,, \qquad (1.4.9)$$

где: C_j - затраты, связанные с наличием машин j-го типа в хозяйстве, руб.;

q_{ij}^t – затраты, связанные с выполнением машиной j-го типа работы i-го типа в t-й рабочий день, руб/день.

Последние включают в себя стоимость потерь урожая из-за выполнения работ в не самые благоприятные сроки или не на лучшей для этой работы машине.

Метод заключается в следующем: из предполагаемого типажа машин выбиралась наилучшая машина для каждой операции без учета взаимного сочетания работ, возможностей совпадения сроков их выполнения и др. После этого составляется простейший план их использования для выполнения заданного производственного процесса. Этот план корректировался за счет лучшего использования заданных сроков выполнения отдельных работ с целью уменьшения общего количества машин данного типа в хозяйстве, а следовательно, затрат, зависящих от капитальных вложений. Одновременно с этим учитывалось возможное увеличение затрат, связанных с непосредственной эксплуатацией машин, т.е. не зависящих от капитальных вложений. Корректировка принималась в том случае, когда общее изменение затрат уменьшается. Однако такой подход может привести к многомарочности машинно-тракторного парка и не учитывает возможность недостатка квалифицированных кадров.

В 80-е годы Научно-исследовательский тракторный институт (НАТИ) и ВЦ АН СССР разработали методику комплексной оценки машинно-тракторного парка по критериям дифференциальных затрат, затрат материалов, энергии и труда. К началу следующего десятилетия был разработан вычислительный комплекс и база данных «ТИПАЖ», которые позволяли проводить оценку машинно-тракторного парка, описанную в методике [37].

В 2000 г. НАТИ был разработан энергетический критерий, отражающий затраты за полный жизненный цикл основных элементов машинно-тракторного парка: трактора и сельскохозяйственные машины, автомобили, а также затраты

энергии на функционирование механизаторов. Тогда же были разработаны дополнения к вычислительному комплексу и базе данных «ТИПАЖ» для оптимизации состава машинно-тракторного парка с помощью этого критерия [37].

Еще одним стоимостным критерием оптимизации состава машинно-тракторного парка является минимум приведенных затрат. Этот критерий использовался в ряде работ. Так, например, Павлов Б.В., Пушкарева П.В., Щеглов П.С. [39] заметили, что минимальные эксплуатационные издержки, а также величина капиталовложений на сельскохозяйственную технику по отдельности не могут характеризовать эффективность машинно-тракторного парка. Поэтому предложили считать оптимальным парк, обеспечивающий минимум приведенных затрат.

Хабатовым Р.Ш. была предложена следующая функция цели, где в качестве критерия используется также минимум приведенных затрат [44]:

$$\sum_{k=1}^{N}\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} G_{ijk} x_{ijk} \to \min, \qquad (1.4.10)$$

где: k – календарный период;

j – марка машины;

i – вид работ;

G_{ijk} – приведенные затраты на эксплуатацию j-й машины с учетом потери урожайности;

x_{ijk} – количество машин j-й марки, используемых на i-м виде работ в k-й период.

Эксплуатационные издержки определяются по формуле:

$$G = A + \frac{B}{T}, \qquad (1.4.11)$$

где: A – издержки на заработную плату, топливо и смазочные материалы;

B – издержки на реновацию, техническое обслуживании, текущий и капитальный ремонт, руб.;

T – годовая загрузка машины, час.

В разработанной Хабатовым Р.Ш. методике взамен метода линейного программирования применяется метод ускоренного градиентного спуска [44].

Пронин В.М. и Прокопенко В.А. предложили при оценке технико-экономи-

ческих показателей сельхозтехники учитывать часовые эксплуатационные затраты [45]. В процессе сельскохозяйственных работ возникают часовые издержки использования сельскохозяйственных агрегатов и затраты по операциям, поэтому эти затраты было предложено называть часовыми эксплуатационными затратами (ЧЭЗ). Общая математическая модель определения показателя ЧЭЗ для всех видов сельскохозяйственных машин определяется выражением:

$$ZM = \sum_{i=1}^{n} Z_i = \left(Ц / \mu_T \cdot T_0\right) \cdot \sum_{i=1}^{\upsilon} K_i + \sum_{r=\upsilon+1}^{n} Z_r \,, \qquad (1.4.12)$$

где: Z_i – показатель, отражающий абсолютную величину затрат по статье i, руб./час;

n – число элементов затрат;

$Ц$ – цена машины, руб.;

μ_T – коэффициент, уравнивающий величины часового амортизационного ресурса машин отечественного производства к уровню стандарта ASAE (для отечественных машин $0{,}8 \leq \mu_T \leq 1{,}0$; импортных – $\mu_T = 1{,}0$);

$T_o = N_o T_r$ – амортизационный ресурс машины, час;

N_o – годовой период обращения основных средств, затраченных на сельскохозяйственную технику, установленный в Российской Федерации;

T_r – средняя годовая наработка машины, час;

$\sum_{i=1}^{v} K_i = K_o$ – коэффициент учета всех видов затрат (включая учитывающиеся в балансовой стоимости), зависящих от заводской стоимости машины ($K_i \geq 0$);

Z_r – часовые затраты по статье r, не зависящие от цены машины, руб./час.

Базовая модель ЧЭЗ является универсальной и не накладывает ограничений на количество статей затрат, учитывающихся в ней.

ЧЭЗ агрегата (ZA) определяются по формуле:

$$ZA = ZM_1 + ZM_2 + \ldots + ZM_j + \ldots + ZM_L = \sum_{j=1}^{L} ZM_j \,. \qquad (1.4.13)$$

При этом высокоэффективные машинно-тракторные агрегаты определяются минимизацией ЧЭЗ агрегата, т.е. сельскохозяйственных машин, входящих в него.

ЧЭЗ также использовались в работе Кухарева О.Н. [57], где целевой функ-

цией для определения оптимальной структуры машинно-тракторного парка также являлся минимум ЧЭЗ. При этом машинно-тракторные агрегаты разделялись на две группы: число агрегатов на различных механизированных процессах и число агрегатов, которое необходимо докупить. Предложены также две группы ограничений: первая обеспечивает выполнение заданных объемов работ, вторая – баланс использования техники.

В работе Лайко Д.В. [58] оптимальный состав машинно-тракторного парка рассматривался как состав машинно-тракторного парка, который обеспечивает выполнение годового комплекса работ при соблюдении оптимальных агротехнических сроков, минимуме капитальных вложений и минимуме эксплуатационных затрат. При этом использовался функционально-стоимостной анализ, включающий эксплуатационные критерии (соблюдение правил технического обслуживания, наличие поблизости дилерского центра и др.), значимость которых оценивалась с помощью коэффициента значимости. Оценка и выбор парка машин осуществлялась на основании минимизации затрат и мнений экспертов:

$$Q = \sum_{j=1}^{m} k_j \cdot Z_{ij} \,, \qquad (1.4.14)$$

где: k_j – коэффициенты значимости j-го эксплуатационного критерия;

Z_{ij} – затраты по j-му эксплуатационному критерию, связанные с i-м трактором, руб.

Небавским В.А. [59] был предложен метод оптимизации состава машинно-тракторного парка по критерию максимума показателя чистого дисконтированного дохода *NPV*, что позволяло выровнять график загрузки тракторов и снизить потребность в них за счет лучшего использования:

$$NVP = D \cdot ЧD - KB \rightarrow \max \,, \qquad (1.4.15)$$

где: D – коэффициент дисконтирования;

ЧВ – чистый доход хозяйства за год, руб.;

КВ – суммарные капитальные вложения на приобретение техники, руб.

Кульневым О.С. [60] была разработана информационная модель управления машинно-тракторным парком, в которой рациональная структура парка определя-

лась с учетом возможных прогнозируемых колебаний природно-климатических условий, состояния технической готовности сельскохозяйственной техники, которое зависит от возраста машин и интенсивности их эксплуатации. Оптимальное решение основывалось на постоянной оценке эффективности реализации различных технологий, применения различных агрегатов для проведения отдельных технологических операций, привлечения техники со стороны или восполнения ее дефицита через приобретение или лизинг. В качестве критерия оценки применялась величина потерь чистого дохода.

В Государственном научном учреждении Северо-Кавказском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (ГНУ СКНИИМЭСХ) был разработан пакет программ, в котором проводится корректировка годовой загрузки технических средств, составляющих машинно-тракторный парк, включая изменения фактических сроков проведения работ [61]. Увеличение продолжительности работ приводит к снижению числа необходимых зерноуборочных комбайнов, а значит и величины затрат на их приобретение, но, в связи с этим, растут потери зерна в связи с осыпанием и, как следствие, снижение урожайности и объемы производства продукции.

Эффективность технологий определятся критерием совокупных затрат в соответствии с ГОСТом. Метод разделен на два этапа: расчет вариантов оптимального машинно-тракторного парка, необходимого для уборки зерновых культур, для сравниваемых технологий в рекомендованные сроки; и определение оптимального состава машинно-тракторного парка, необходимого для выполнения всего объема работ при более растянутом периоде уборки. Процедуру повторяют до тех пор, пока полученный парк не будет удовлетворять критерию минимума совокупных затрат. Состав машинно-тракторного парка для оценки его эффективности и эффективности технологий определяют без операций, которые предполагают целочисленное решение, с целью выявления исследуемой тенденции.

Рассмотренные выше методы позволяют сделать вывод, что они сосредоточены на экономической эффективности затрат на возделывание зерна, однако в современных условиях кроме их уменьшения при обосновании структуры машинно-трактор-

ного парка необходимо учитывать своевременность выполнения технологических операций, эффективность затрат труда и наличие механизаторов с целью увеличения заработной платы работников для привлечения квалифицированных кадров.

В работе Бондаренко В. В. [62] была предложена методология экономического проектирования технико-технологического оснащения растениеводства и разработана экономико-математическая модель оптимизации состава машинно-тракторного парка с критерием максимума эффективности живого труда и рядом ограничений (выполнение заданного объема работ в установленные сроки, потребность в технике и механизаторах определяется в наиболее напряженные периоды и др.). Критерий оптимизации, позволяющий обеспечить одновременную минимизацию капитальных и текущих затрат, а также необходимого числа механизаторов, выглядит следующим образом:

$$ЦF = \frac{1}{XP}\left(Cw - Cz\right), \qquad (1.4.16)$$

где: *ЦF* – целевая функция;

XP – число механизаторов, чел.;

Cw – выручка от реализации продукции растениеводства, руб.;

Cz – суммой затрат на выполнение полевых механизированных работ, руб.

Киртбая Ю.К. [25] был предложен метод определения оптимального состава машинно-тракторного парка, учитывающий не только эффективное использование техники, но и потребность в механизаторских кадрах и их годовую загрузку, а также издержки, возникающие при недостатке механизаторов или их избытке. Киртбая Ю.К. считал, что определение оптимального состава машинно-тракторного парка и потребность в механизаторских кадрах – задача совместной оптимизации этих ресурсов сельскохозяйственного производства. Им было предложено решение задач определения оптимального состава машинно-тракторного парка и потребности в механизаторах на основе критерия интегральных приведенных затрат. Критерий описывается выражением:

$$C_и = C + E'_k K_м + E'_н H, \qquad (1.4.17)$$

где: $E'_к$ – коэффициент привидения издержек производства, связанных с вложени-

ями в технические фонды, к годовой размерности;

С – прямые эксплуатационные затраты, руб./год;

$К_м$ – капитальные вложения в технические средства, связанные с использованием машинно-тракторного парка, руб.;

$Е'_н$ – коэффициент приведения к годовой размерности издержек производства, связанных с отвлечением трудовых ресурсов;

Н – число используемых механизаторов, чел.

Киртбая Ю.К. предположил, что этот критерий обеспечивает нахождение наибольшего совокупного экономического эффекта по оптимальному соотношению потребности в технике и механизаторах, обслуживающих ее.

В работах Докина Б.Д. в качестве критерия оптимизации машинно-тракторного парка использовался минимум дифференциальных затрат, который позволял покрывать затраты на технику, сокращая число занятых на работах механизаторов и потери урожая. Аналитическое выражение дифференциальных затрат выглядит следующим образом [63, 64]:

$$C_{диф} = \frac{C_э + E_н K}{W_{см}} + C_у + \frac{C_{мех}}{W_{см}}, \qquad (1.4.18)$$

где: $C_{диф}$ – дифференциальные затраты на проведение данной технологической операции, руб./га;

$C_э$ – сумма затрат на оплату труда рабочих, суммарных нормированных затрат на все виды ремонта и технического обслуживания агрегата, затрат на хранение техники, затрат на реновацию, затрат на горюче-смазочные материалы, руб./час;

$E_н$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

K – удельные капиталовложения на данную операцию, руб./час;

$C_у$ – затраты, учитывающие потери урожая в зависимости от продолжительности полевых работ, руб./га;

$W_{см}$ – производительность МТА за час сменного времени, га/час;

$C_{мех}$ – затраты на содержание механизаторов и рабочих, руб./час.

По мнению Жукевича К.И. отдельное рассмотрение задач определения оптимального состава машинно-тракторного парка и потребности хозяйств в трудовых ресурсах нельзя назвать оптимальным планированием, поэтому он предложил решение этой задачи на основе критерия совокупных приведенных затрат. Тогда экономико-математическая модель совместной оптимизации состава машинно-тракторного парка и потребности в трактористах-машинистах включает в себя функцию цели, представленную выражением (1.4.19), и ряд ограничений по объемам работ, условию технологической последовательности и согласования работ, непрерывности работ в пределах агросрока, неотрицательности переменной [46]:

$$\begin{gathered}\sum_{ijk\gamma} C_{ijk} x_{ijk\gamma} t_k + \sum \max_k \left(\sum_{ij\gamma} x_{ijk\gamma} \lambda_{ijs} \right) Б_s \left(E'_{ks} + \alpha_s \right) + \\ + \max_k \left(\sum_{ij\gamma} x_{ijk\gamma} \alpha_{ijk\gamma} \beta_{ijk\gamma} \right) \left(E'_L + E''_K K_{np} \right) \to \min\end{gathered}, \qquad (1.4.19)$$

где: $x_{ijk\gamma}$ – число агрегатов j, занятых на работе i в календарный период k на культуре γ, шт.;

λ_{ijs} – число машин s в агрегате j на работе i, шт.;

$Б_s$ – балансовая стоимость машины s, руб.;

C_{ijk} – прямые эксплуатационные затраты j-го агрегата на i-й работе в период k, руб./дни;

t_k – продолжительность периода k, дней;

E'_{ks} – коэффициент приведения издержек производства на отвлечение капитальных вложений на s-й машине с учетом ее срока службы к годовой размерности;

a_s – норма отчислений на обновление s-й машины, руб.;

$a_{ijk\gamma}$ – число механизаторов, необходимых для работы в одну смену агрегата j на работе i в период в k на культуре γ, чел.;

$\beta_{ijk\gamma}$ – число смен, необходимых для работы в течение суток агрегата j на работе i в период k на культуре γ, шт.;

E'_L – коэффициент приведения издержек производства на отвлечение трудовых ресурсов к годовой размерности, руб./год на 1 чел.;

$K_{пр}$ – единовременные затраты на профессиональную подготовку механизаторов, руб.;

E_K'' – коэффициент приведения к годовой размерности единовременных затрат на подготовку механизаторов.

Из-за медленного развития социальной инфраструктуры в сельских регионах, демографических проблем на сегодняшний день проблема недостатка квалифицированных кадров усугубилась.

Некоторые из рассмотренных методов учитывают потребность в количественной потребности механизаторов, однако не учитывают их квалификацию, которая позволяет работать на высокопроизводительной технике.

По данным ВИМ 2010 года количество работников в сельскохозяйственных организациях в сравнении с 1990 годом сократилось примерно в 5 раз [65]. В связи с этим, оценивая и выбирая технологии и технические средства по экономическим критериям, необходимо учитывать в эксплуатационных затратах стоимость рабочей силы, включая обучение и повышение квалификации, особенно если происходит увеличение объемов производства и внедрение новой техники [66].

1.5. Задачи исследования

Факторы, свойственные конкретной зоне возделывания зерновых культур, определяют выбор технологий. При этом возможно наличие разных способов основной обработки почвы равно эффективных по уровню урожайности, однако урожайность – необходимый, но не достаточный показатель оценки технологий, поскольку увеличение производства зерновой продукции может достигаться разными способами.

Существенное влияние на урожайность зернового производства оказывают сроки выполнения полевых работ и их продолжительность. С ними тесно связана и структура машинно-тракторного парка, поскольку их изменение влияет на потре-

бность в технике и человеческих ресурсах. Продолжительность проведения полевых работ может быть сокращена до определенных значений, ее дальнейшее сокращение влечет за собой возрастающую потребность в технических средствах. Поэтому обоснование сроков проведения полевых работ проводится совместно с решением задачи подбора оптимального состава машинно-тракторного парка.

Рассмотренные методы обоснования структуры машинно-тракторного парка позволяют сделать вывод, что они сосредоточены на экономической эффективности затрат на производство зерна. Однако в современных условиях оценку технологий и подбор оптимальной структуры машинно-тракторного парка следует проводить по экономическим критериям, учитывать своевременность выполнения технологических операций, эффективность затрат труда и качественный и количественный состав механизаторов с целью увеличения заработной платы работников для привлечения квалифицированных кадров.

Целью диссертационного исследования является обоснование альтернативных вариантов технических средств для формирования машинно-тракторного агрегата при возделывании зерновых культур в южно-лесостепной зоне на примере Новосибирской области.

Сформулированы следующие задачи исследования:

1. Обосновать методы выбора технического обеспечения возделывания зерновых культур в южно-лесостепной зоне в южно-лесостепной зоне Новосибирской области.

2. Разработать математическую модель и алгоритм выбора технического обеспечения возделывания зерновых культур в южно-лесостепной зоне в южно-лесостепной зоне Новосибирской области.

3. Выявить взаимосвязь технического обеспечения возделывания зерновых культур в южно-лесостепной зоне Новосибирской области в зависимости от ресурсного потенциала сельскохозяйственного предприятия.

4. Оценить экономическую эффективность различных вариантов технических средств для возделывания зерновых культур при выбранных технологиях их возделывания.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

2.1. Обоснование выбора технологий возделывания зерновых культур

Повышение эффективности использования машинно-тракторного парка в технологических процессах возделывания продукции растениеводства предопределяет необходимость обоснования всех решений с точки зрения экономики. Наиболее значимый показатель, определяющий экономическую эффективность применения технологий, комплексов технических средств и отдельных машин, которые влияют на объемы производства продукции и ее качество, – это рост объемов производства и прирост прибыли от производства продукции [65].

В современных рыночных условиях конкурентность и эффективность сельскохозяйственного производства оценивается прибылью, которое получает предприятие от реализации произведенной продукции. Для того, чтобы оценить технологию с помощью этого критерия, требуется определить себестоимость зерна, которая определяется эксплуатационными затратами. При этом выбор того или иного варианта технологий сельхозтоваропроизводителя зависит от его ресурсного обеспечения и наличия квалифицированных кадров механизаторов. С точки зрения принципа необходимости и достаточности для осуществления этого выбора необходимы три показателя: уровень урожайности культур, себестоимость и затраты труда на 1 га посевов (затраты труда на 1 га лучше характеризовать величиной потребности механизаторских кадров на 1000 га посевов).

В качестве основных экономических показателей оценки технологий применяют затраты труда и ресурсов на ее выполнение, валовая стоимость продукции, себестоимость, рентабельность и доход с гектара. Целесообразность реализации в любой машине тех или иных показателей по энергетическим затратам, экологии, надежности, технике безопасности и т.п. можно выявить только с помощью экономической оценки [11].

По результатам исследования СибИМЭ СФНЦА РАН [68], в котором сравнивались технологии возделывания зерновых культур, наименьшая себестоимость тонны зерна при уровне урожайности 3 т/га получается при ресурсосберегающей технологии с применением трактора МТЗ-1822.3 (Таблица 2.1). Однако требуемое число механизаторов для выполнения заданных объемов работ в сравнении с той же технологией с применением трактора К-744Р3 на 5 человек больше, а затраты труда на 1 га на 34,8 % выше.

Таблица 2.1 – Данные об урожайности, затратах труда, потребности в механизаторах и себестоимости единицы продукции с применением разных технологий и вариантов тракторов

Показатели	Един. Изм.	Технологии					
		Нормальная		Интенсивная		Ресурсосберегающая	
Урожайность	т/га	1,8		3,0		3,0	
Марка трактора		К-744Р3	МТЗ-1822.3	К-744Р3	МТЗ-1822.3	К-744Р3	МТЗ-1822.3
Количество механизаторов	чел.	12	15	15	18	11	16
Себестоимость единицы продукции	тыс. руб./т	6,60	5,45	6,95	5,94	5,72	5,55
Затраты труда	чел.-ч/га	22,9	23,2	26,2	32,6	16,4	22,1

Из этого следует, что рассматривать вопрос выбора технологий на сегодняшний день необходимо совместно с обеспеченностью сельхозтоваропроизводителей квалифицированными кадрами.

На сегодняшний день во многих сельскохозяйственных предприятиях различных регионов страны существует недостаток квалифицированных механизаторов. Анализ человеческого ресурса показывает, что сокращение численности сельского населения в целом, сокращение доли трудоспособного населения и его отток из сел привели к сокращению работающих в сельскохозяйственных организациях с 1990 г. по 2010 г. примерно в 5 раз (Таблица 2.2). Производительность труда за

тот же период повысилась примерно в 4 раза. На основе анализа этих тенденций в сфере изменений кадрового ресурса можно сделать вывод о дефиците в сельскохозяйственной отрасли специалистов высокой квалификации [65].

Поэтому на этапе выбора технологии возделывания сельскохозяйственной продукции, определения состава машинно-тракторного парка и их экономической оценке необходимо учитывать затраты на обучение работников, повышение их квалификации и социально-жилищные нужды [15].

Таблица 2.2 – Данные о сельскохозяйственных организациях 1990-2010 гг. в России

Показатели	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.
Количество тракторов в парке, тыс. ед.	1369,5	1052,1	746,7	480,3	310,3
Средняя мощность трактора в парке, л.с.	97,1	97,7	97,9	96,8	99,4
Площадь пашни, млн. га	131,8	127,6	119,7	116,1	115,3
Количество занятых работников в сельскохозяйственных организациях РФ, тыс. чел.	9530,9	6539,8	4547,1	2613,9	1900,0

Потребность в механизаторских кадрах при возделывании зерна может быть сокращена путем применения трех методических подходов [69]:

– применение более энергонасыщенной техники;

– переход к ресурсосберегающим технологиям на базе минимальной обработки почвы и нулевой (no-till);

– применение организационно-технологических мероприятий.

Преимущества первого подхода очевидны и проиллюстрированы таблицей 2.1, где применение более мощного и производительного трактора К-744Р3 привело к сокращению потребности в кадрах от 16,7 до 31,3 % для разных технологий. Применение второго подхода позволяет снизить число трактористов в 1,5-2,5 раза [69]. Третий подход возможен при переходе на нулевую обработку почвы и подразумевает распределение занятых на посеве квалифицированных механизаторов и освободившихся после его окончания на других работах (транспортные, заготовка

кормов, опрыскивание и др.), тем самым снижая потребность механизаторов на 1000 га посевов зерновых.

При современном подходе к агротехнологиям нужно сравнивать их по уровню интенсификации и ресурсного обеспечения. Сегодня в стране около 70 % сельскохозяйственных предприятий работают по экстенсивной технологии производства сельскохозяйственной продукции, и 48 % - по Новосибирской области [70, 71]. Экстенсивные технологии рассчитаны на использование естественного плодородия почв. В случае их применения имеют преимущество приемы отвальной обработки почвы для зоны подтайги. Частично прибавка урожая достигается за счет внедрения новых сортов, однако, чтобы добиться прибавки урожая, увеличения производства и выращивания высококачественного зерна необходимо обязательно применять интенсивную агротехнологию. Современные сорта пшеницы требовательны к плодородию почв, поэтому для поддержания бездефицитного баланса биогумуса необходимо внесение удобрений на всей площади посевов [72, 73].

Урожайность в вариантах с поверхностной обработкой почвы и вспашки выравнивается при использовании интенсивных технологий с использованием минеральных удобрений и средств защиты, но не зависимо от системы обработки почвы. Урожайность зерновых культур увеличивается в среднем на 46 % (0,97 т/га) на фоне комплексной химизации (удобрения, пестициды) [66].

Согласно данным [71], собранным за 9 лет (2008-2016 гг.), среднегодовые результаты растениеводства Новосибирской области по зерновым для экстенсивной технологии составили 37 % от посевных площадей и 31,5 % валового сбора зерна, для нормальной – 30 % и 42,6 %, для интенсивной – 7 % и 13 %, для бессистемной – 26 % и 12,9 %, соответственно, что свидетельствует о перспективе использования интенсивных технологий. Поскольку сельхозтоваропроизводитель заинтересован в получении прироста прибыли, а интенсификация технологий, обеспечивая прирост урожайности культур, является необходимым условием наращивания производства зерна в Сибири, в наших исследованиях будем рассматривать интенсивные технологии на базе различных вариантов обработки почвы [74].

2.2. Теоретическое обоснование продолжительности проведения полевых работ

Влияние продолжительности проведения полевых работ на конечный сбор продукта – одна из наиболее характерных особенностей сельскохозяйственного производства. Поскольку потери урожайности изменяются пропорционально квадрату продолжительности проведения полевых работ [75], то при сокращении сроков выполнения работ по посеву и сбору урожая происходит увеличение получаемой продукции и улучшение ее качества. С другой стороны, растягивание сроков работ приводит к большим потерям урожая. Например, нарушение сроков посева яровой пшеницы на один день приводит к потере 0,9-38 % продукции, а продолжительность уборки в три-четыре недели – к потерям примерно трети продукции [21, 76]. По данным МСХ РФ ежегодные потери зерна по этой причине превышают 10 млн. т [73]. Однако высокий уровень урожая – необходимый, но не достаточный показатель при выборе технологий и технических средств, поскольку существует необходимость учитывать уровень затрат на получение этого урожая по заданной технологии.

Таким образом, кроме оптимальных агротехнических сроков проведения полевых работ, можно также выделить экономически целесообразные сроки проведения полевых работ [23]. Они могут быть более растянутыми по сравнению с оптимальными сроками при условии равенства затрат. Экономически целесообразные сроки связаны с потерями урожая из-за запаздывания сроков проведения полевых работ.

Помимо этого, необходимо также учитывать перекрывающиеся сроки проведения сельскохозяйственных работ по разным культурам, поскольку увеличение продолжительности одних работ по отдельной культуре влияет на сроки проведения других работ по остальным культурам при близких или одинаковых сроках их проведения. Следует учитывать показатели интенсивности потерь всех работ, которые выполняет каждый машинно-тракторный агрегат. Это становится особенно

ощутимым в условиях дефицита машинно-тракторных агрегатов или кадров механизаторов. Чем больше интенсивность потерь урожая по отдельной операции, тем точнее должны соблюдаться оптимальные сроки проведения сельскохозяйственных работ [77].

Однако соблюдение жестких агротехнических сроков приводит к разрастанию парка и малой нагрузке на сельскохозяйственную технику, что влечет увеличение затрат, связанных с этой техникой. Появляется задача – найти условие, при котором потери урожая от нарушения продолжительности проведения работ на посеве, по уходу за ними и уборочными работами обеспечивают заданный уровень рентабельности при использовании того или иного набора техники.

При решении задач, связанных с определением оптимальной продолжительности проведения полевых работ, необходимо минимизировать суммарные затраты, связанные с потерями урожая и затратами на технику. Как правило, одна группа затрат увеличивается с возрастанием времени, а другая – уменьшается. Геометрически этот процесс можно представить двумя зависимостями, показанными на рисунке 2.1. В данном случае зависимость 1 отражает потери урожая, зависимость 2 – затраты на технику. При сложении обеих зависимостей получим третью зависимость 3 – функцию затрат.

В прошлом при решении поставленной задачи зависимость 2 отражала расходы на реновацию машин [31], т.е. амортизацию (под амортизацией понимается начисления амортизационных отчислений). Однако амортизационные отчисления можно считать распределенными затратами на нормативный (или ускоренный) срок амортизации машины, которые не единственные затраты на сегодняшний день, влияющие на функцию затрат 3 (потери урожая, эксплуатационные затраты, в том числе горюче-смазочные материалы, заработная плата механизаторов, стоимость запасных частей и ремонтов и т.д.) (рисунок 2.1).

В 2009 г. введен национальный стандарт Российской Федерации – ГОСТ Р53056-2008 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» [24]. Одним из показателем оценки экономической эффективности техники в при-

веденном ГОСТе являются совокупные затраты – «сумма денежных средств, включающая в себя прямые эксплуатационные затраты, а также значения убытка денежных средств от изменения количества и качества продукции, условий труда обслуживающего персонала, от отрицательного воздействия техники на окружающую среду» [24].

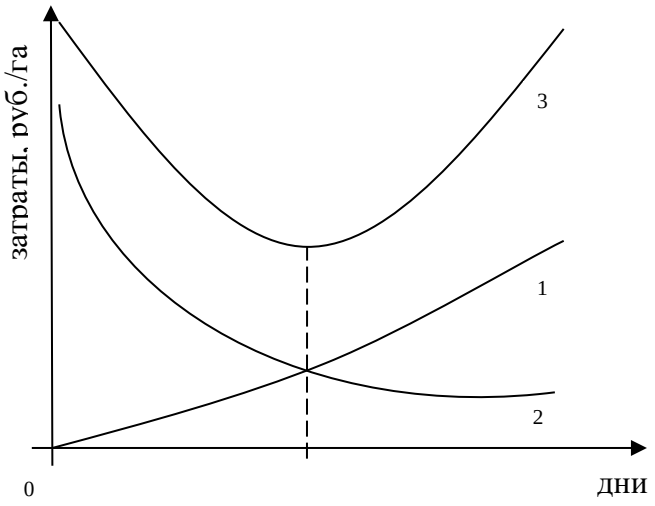


Рисунок 2.1 – Геометрическое представление процесса определения оптимального решения (зависимость 1 – потери урожая, зависимость 2 – затраты на технику, зависимость 3 – функция затрат)

В случае рассмотрения эффективности технической обеспеченности сроков проведения сельскохозяйственных работ совокупные затраты на проведение технологической операции считаются на основании ГОСТ Р 53056-2008 [24]. При определении экономической эффективности технического обеспечения сроков и оптимизации проведения полевых работ в сельскохозяйственном предприятии используются прямые эксплуатационные затраты и потери урожая. Этим обеспечивается минимальная себестоимость производимой продукции, что важно в рыночных отношениях [23].

Прямые эксплуатационные затраты – это денежные средства, необходимые для выполнения машинами сельскохозяйственной работы, и включающие затраты

на: заработную плату, горюче-смазочных материалов, ремонт и техническое обслуживание, реновацию, затраты на основные и вспомогательные материалы [24]. Эксплуатационные затраты делятся на постоянные и переменные. К первым относятся расходы на содержание зданий, налоги и проч., ко вторым – затраты на обслуживание, ремонт техники, горюче-смазочные материалы, вспомогательные материалы, оплата труда, социальные отчисления и др. [20].

Ленским А.В. и Хасеневич И.М. [20] рассмотрены методики экономической оценки, разработанные в ведущих университетах мира. Одна из наиболее распространенных – методика, разработанная Обществом инженеров сельскохозяйственного производства (ASAE). Она заключается в том, что затраты на сельскохозяйственную технику делятся на ежегодные издержки владения, не зависящие от использования машины, и эксплуатационные расходы, изменяющиеся непосредственно с продолжительностью эксплуатации машины (ее устаревание и износ). Ежегодные издержки включают амортизацию, выплату процентов (альтернативные издержки), налоги, страхование, содержание и техническое обслуживание.

Проценты – это процентные ставки при использовании заемных средств на приобретение техники. Годовая амортизация рассчитывается из экономического срока службы машины и ее ликвидационной стоимости в конце экономического (целесообразного) срока службы. Совместные расходы на амортизацию и проценты могут рассчитываться с использованием коэффициента возврата капитала, под которым подразумевается сумма, которую ежегодно необходимо откладывать, чтобы погасить проценты и издержки из-за обесценивания техники. Оценочные расходы на амортизацию, альтернативные издержки, налоги, страхование и размещение суммируются, чтобы найти общие издержки владения. Эксплуатационные расходы (также называемые переменными расходами) включают ремонт и обслуживание, затраты на топливо, смазку и оплату труда [78].

Методика университета штата Иллинойс [20], помимо перечисленного выше, включает время работы механизатора, и при расчете затрат (оплаты труда) учитывает, что время работы механизатора превышает годовую загрузку техники.

Другие методики, рассмотренные в статье [20], несколько отличаются от методики ASAE, но все они основаны на разделении затрат на две категории. Каждая методика имеет свои особенности, связанные с различными факторами, такими как природно-климатические, агротехнологические, общеэкономические и т.д.

В связи с этим при определении функции затрат, которую необходимо минимизировать для определения оптимальной продолжительности проведения полевых работ, следует учитывать не только амортизационные отчисления, но и другие затраты, непосредственно связанные с техникой (проценты по кредитам, налоги, снижение рыночной стоимости и др.).

2.3. Теоретическое обоснование структуры машинно-тракторного парка

Современное сельскохозяйственное производство в большой мере зависит от машин и организации их работы, особенно в условиях разработки новых и корректировки имеющихся нормативов потребности в технических средствах. Учитывая необходимость рационального использования имеющейся техники, изменения в качественных и количественных показателях машин, а также демографические изменения в селах, задача выбора техники становится еще более сложной [79, 80].

Потребность сельскохозяйственных товаропроизводителей в технике определяется посредством решения задачи оптимизации состава машинно-тракторного парка. Оптимизация состава машинно-тракторного парка позволяет обосновать затраты, необходимые для пополнения или обновления парка техники предприятия, определить их величину. Для решения этой задачи разработаны различные экономико-математические модели, позволяющие подобрать оптимальный вариант использования машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия.

Так в 1963 году Пушкарёва П.В., Шкредова Л.Ф., сотрудницы Сибирского филиала ВИМ, и Максимова Т.И., сотрудница Института математики СО АН СССР, опубликовали научную работу, в которой говорилось об использовании

ЭВМ при расчете потребности в технике сельскохозяйственных организаций [81], тем самым было заложено начало нового научного направления. Для решения этой задачи был использован метод Булавского В.А. и Канторовича Л.В., сотрудников Института математики СО АН СССР, который позволял получать решение задачи линейного программирования с большим числом переменных величин и ограничений [82].

Задача заключалась в поиске величины интенсивности занятости машины на конкретно работе в заданных период времени. Причем должны строго соблюдаться заданные сроки проведения всех технологических работ: в определенные промежутки времени и в определенной последовательности. В качестве ограничений использовались следующие условия: выполнение заданного объема работ в заданные агротехнические сроки, положительное количество машин и сумма искомых величин на всех работах в любом периоде не должна превышать количества машин, имеющихся в хозяйстве. В этом методе оптимизация состава машинно-тракторного парка проводилась по минимуму приведенных затрат. В 70-е годы этот критерий считался одним из передовых.

Преимущество этой методики заключается в ведении расчетов как для обновления парка техники сельскохозяйственных предприятий, так и для его формирования. Помимо этого, методика позволяет определять оптимальные сроки проведения работ, использование технических средств и эффективные технологии. В качестве недостатка можно отметить, что задача оптимизации не является задачей линейного программирования в чистом виде.

В 1976 году СибИМЭ была выявлена закономерность: при оптимизации машинно-тракторного парка по критерию минимума эксплуатационных затрат при отсутствии ограничений по трудовым ресурсам для каждой отдельной сельскохозяйственной работы можно выбрать оптимальный трактор и соответствующий ему машинно-тракторный агрегат. При этом будет выбран самый дешевый, но малопроизводительный парк, поскольку оптимизация парка по отдельным операциям приводит к получению многомарочного и дорого состава [83].

В подтверждение этого старшими научными сотрудниками Петрягиным И.Н., Абрамовой Г.И. и экономистом Фадеевой В.Ф. был подготовлен практический пример [47], где работы на некоторый заданный объем пашни проводились специализированными тракторами или сочетанием тракторов. Максимальные дифференциальные затраты были получены в случае, когда работы проводились специализированными, оптимальными для конкретной работы тракторами, что объясняется их низкой годовой загрузкой; минимальные затраты были получены при использовании одного из тракторов на всех операциях.

Замечено, что возможны ситуации, когда выбор трактора, выполняющего разные сельскохозяйственные работы, с точки зрения эксплуатационных затрат будет рациональным на одних и нерациональным на других операциях. Поэтому чтобы оптимизировать состава машинно-тракторного парка, необходимо проводить его оценку не по отдельным сельскохозяйственным работам, а по всему комплексу выполняемых работ. С этой целью СибИМЭ в 1976 году была разработана методика вычисления дифференциальных затрат для оптимизации состава машинно-тракторного парка, учитывающая дефицит трудовых ресурсов и капиталовложений [84].

В 1983 г. Докиным Б.Д. был представлен метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов работ, в котором оценка и выбор технических средств как для одной работы, так и для их комплекса осуществлялись в виду того, что затраты на сельскохозяйственную технику сокращаются за счет уменьшения потребности в механизаторах и недобора сельскохозяйственной продукции. В качестве критерия оценки технических средств использовано выражение дифференциальных затрат, рассчитанных на 1 га [63, 82].

Чтобы подобрать состав машинно-тракторного парка, обеспечивающего максимум дохода и выполнение всех заданных объемов сельскохозяйственных работ и сроков их проведения, Докиным Б.Д. и Ёлкиным О.В. был разработан метод сквозного просмотра вариантов [84, 85]. Этот метод позволяет подобрать состав машинно-тракторного парка и план его использования, сопоставляя затраты на ис-

пользование одного и того же годового комплекса работ различными сельскохозяйственными агрегатами. Этот метод был реализован СибИМЭ и СибФТИ СО РАСХН в 2013 году в виде программного комплекса «Agro». На него было свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2013618207 от 04.09.2013 г.

В 2015 г. Альтом В.В., Лапченко Е.А. (Балушкиной Е.А.), Бобровой Т.Н., Исаковой С.П., Колпаковой Л.А. предложен метод выбора технических средств, необходимых для выполнения заданных сельскохозяйственных работ [86]. В этом методе учитываются рассмотренные выше условия сельскохозяйственного производства: экономически целесообразные сроки проведения полевых работ и дефицит квалифицированных кадров, который в настоящее время стоит достаточно остро. Для подбора машинно-тракторного парка используются критерии оптимума: минимума прямых эксплуатационных затрат и минимум числа механизаторов. Заданные сроки выполнения сельскохозяйственных работ при этом учитываются как ограничения наряду с заданным объемом работ, наличием работоспособной техники и др. В качестве критерия взято выражение эксплуатационных затрат [24, 87, 88]. На основе этого метода и методики применения технологий удаленного доступа [86, 89] легли в основу программы, web-приложения «АГРОТЕХ», разработанного в СибФТИ СФНЦА РАН [90, 91]. Оно позволяет подбирать рациональный состав машинно-тракторного парка в автоматизированном режиме, исходя из условий сельскохозяйственного предприятия.

Для подбора технических средств, необходимых для выполнения заданных сельскохозяйственных работ, Альтом В.В., Лапченко Е.А. (Балушкиной Е.А.), Бобровой Т.Н., Исаковой С.П., Колпаковой Л.А. разработана математическая модель и алгоритм выбора альтернативных вариантов технических средств по совокупности критериев минимума эксплуатационных затрат и минимума механизаторов [87, 88].

Далее подробно рассмотрим последние два метода.

2.3.1 Метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов работ

Годовым комплексом (набором) сельскохозяйственных работ называются работы, которые выполняются машинно-тракторными агрегатами с одним и тем же трактором заданной марки. Блок-схема алгоритма метода сквозного просмотра вариантов представлен на рисунке 2.2.

Метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов работ заключается в следующем [63, 69, 84]:

1. Подготавливаются данные хозяйства: о технологиях возделывания и уборки сельскохозяйственных культур, о технических средствах и их показателях, о структуре посевных площадей, о севооборотах и др.

2. На их основе проводится построение базисного варианта плана годового комплекса сельскохозяйственных работ – рассчитывается для машинно-тракторных агрегатов с наиболее мощной машиной на основе построения графиков годовой загрузки. Пример графика годовой загрузки представлен на рисунке 2.3.

3. Проводится расчет минимальной часовой выработки заданного годового комплекса работ путем суммирования минимальных величин времени выполнения заданного комплекса работ. Часовая наработка за год для всего отряда машин i-й марки рассчитывается по формуле:

$$T_i = \sum_{l=1}^{L} T_{li}, i = 1,...,I, \qquad (2.3.1)$$

где: T_i – часовая выработка за год для всего отряда энергомашин i-й марки, ч.;

T_{li} – время выполнения заданного технологического годового комплекса работ l, ч.

Выбирая высокопроизводительные машинно-тракторные агрегаты с энергомощной машиной i при построении базисного варианта плана, можно определить минимальное значение времени T_{li}:

$$T_{li} = \sum_{j=1}^{J} T_j, \qquad (2.3.2)$$

где: T_j – время выполнения работы j в период t, ч., рассчитываемое по формуле:

$$T_j = \sum_t T_{jt},\ j = 1,\dots,J\ , \tag{2.3.3}$$

$$T_{jt} = T_t l_{jts}\,, \tag{2.3.4}$$

Рисунок 2.2 – Блок-схема алгоритма метода сквозного просмотра вариантов годовых комплексов работ

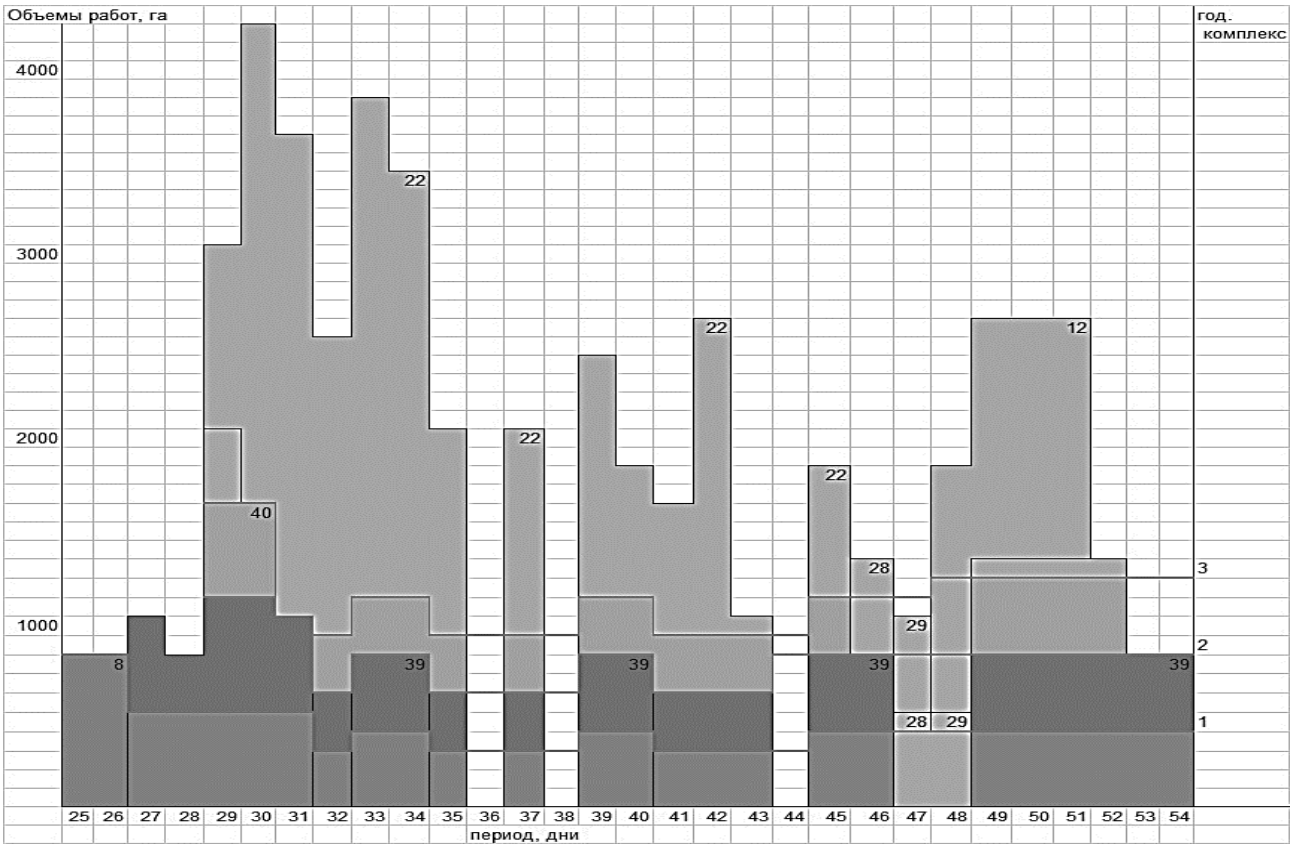


Рисунок 2.3 – Пример графика годовой загрузки

После подстановки получаем:

$$T_{li} = \sum_{j=1}^{J} \sum_{t=1}^{T} T_t l_{jts}, s = 1,...,S \,. \qquad (2.3.5)$$

4. Формируются комплексы технических средств для выполнения сезонных годовых комплексов работ X_{li} – трактор i в сцепке с сельскохозяйственными машинами, необходимыми для выполнения заданного годового комплекса работ j.

5. Определяется выработка в условных эталонных гектарах (у. э. га) P_{li} при выполнении сезонных годовых комплексов работ базисного варианты плана с заданной часовой нагрузкой:

$$P_{li} = \sum_{j=1}^{J} P_j, l = 1,...,L \,, \qquad (2.3.6)$$

где: P_{li} – выработка машины i при выполнении годового комплекса работ l, у. э. га;

P_j – объем работ j по всем периодам t, входящих в комплекс работ l, у. э. га.

$$P_j = W_{у.э.га\,js} T_j,\ j = 1,...,J,\ s = 1,...,S, \tag{2.3.7}$$

где: $W_{у.э.га\ js}$ – производительность машинно-тракторного агрегата s на работе j, у. э. га/час;

$$W_{у.э.га\,js} = W_{js} k_{у.э.га\,j}, \tag{2.3.8}$$

где: W_{js} – производительность в физических единицах в час.

Тогда исходная формула (2.3.6) примет вид:

$$P_{li} = \sum_{j=1}^{J} W_{js} k_{у.э.га\,j} T_j. \tag{2.3.9}$$

Выработка в у. э. га за весь год для всего отряда машин i-й марки будет рассчитываться по формуле:

$$P_i = \sum_{l=1}^{L} P_{li},\ i = 1,...,I. \tag{2.3.10}$$

6. Рассчитываются эксплуатационные затраты C_{li} по годовым комплексам работ l, выполняемых заданными комплексами технических средств.

7. Рассчитываются эксплуатационные затраты на один у. э. га по каждому годовому комплексу работ заданных комплексов технических средств:

$$C_{у.э.га\,li} = \frac{C_{li}}{P_{li}}, \tag{2.3.11}$$

где: $C_{\text{у.э.га}\ li}$ – эксплуатационные затраты, возникающие в процессе выполнения годового комплекса работ l машиной i в условных эталонных гектарах, руб./у. э. га;

C_{li} – эксплуатационные затраты, возникающие в процессе выполнения годового комплекса работ l машиной i, руб.

8. Выполняется проверка количества годовых комплексов работ: если учтены все годовые комплексы работ, т.е. $l = L$, осуществляется переход к следующему пункту, иначе рассматривается следующий годовой комплекс и выполняются вычисления.

9. Проводится проверка на ограничения по количеству машин: если расчеты проведены для всех машин марки i, т.е. $i = I$, выполняется переход к следующему пункту, иначе расчеты продолжаются, вернувшись к формированию комплексов технических средств для других машин марки i.

10. Проводится оптимизация выбора комплексов технических средств X_{li}. Комплекс технических средств считается оптимальным, если ему соответствует минимальное значение эксплуатационных затрат на единицу выполненного объема. Если минимальные значения затрат получены для нескольких машин, то выбирается более мощная.

11. Проводится контроль выполнения ограничений по объемам работ. Объем работ по годовому комплексу считается невыполненным, если не выполняется условие:

$$P_{li\max} - P_{li\min} < \varepsilon\,, \qquad (2.3.12)$$

где: $P_{li\,max}$ – выработка наиболее мощной машины i при выполнении годового комплекса работ l, у. э. га;

$P_{li\,min}$ – выработка для машины i при выполнении годового комплекса работ l, вошедшей в оптимальный план, у. э. га.

В случае, если машина включена в оптимальный план работ, но заданный объем работ в базисном варианте не выполняется из-за малой загрузки имеющегося производительного машинно-тракторного агрегата, то строится новый вариант базисного плана. В нем учитываются невыполненные объемы работ в первом варианте плана и объемы работ, которые не выполнялись с машиной, для которой он строился. Если условие (2.3.12) выполнено, переходят к следующему пункту.

12. Для всех комплексов машин, входящих в оптимальный состав машинно-тракторного агрегата, считаются эксплуатационные затраты. При этом получаются минимальные эксплуатационные затраты за весь год полевых работ по всему машинно-тракторному парку, поскольку эксплуатационные затраты для введенных в оптимальный план годового комплекса сельскохозяйственных работ технических средств минимальны, следовательно значение суммы минимумов будет минимальной величиной.

Таким образом, на основе исходных данных хозяйства (структуры посевных площадей, технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур, по-

казателей машин, севооборотов, урожайности и др.) выбираются оптимальные комплексы машин, технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. Технология определяет перечень выполняемых операций. В свою очередь информация об операциях позволяет сформировать перечень и характеристики агрегатов, которые могут использоваться при выполнении работ. Критерий отбора техники – максимум производительности МТА. Сформированная таким путем информация используется в дальнейшем для оптимизации составов технологических комплексов машин.

Особенность метода сквозного просмотра вариантов заключается в интерпретации графика использования технических средств. В методе вместо количества машинно-тракторных агрегатов, значение которого из-за расчетов может получиться дробным, рассматривается выполненная доля годовой загрузки. Полученные здесь целые значения доли загрузки – это количество машинно-тракторных агрегатов, а оставшаяся дробная часть определяет работы, которые войдут в следующий годовой комплекс [69, 84]. В связи с этим, при решении задачи появляется возможность рассматривать только целое количество машин для выполнения любых объемов работ.

Для каждой технологии методом сквозного просмотра вариантов рассчитываются оптимальные варианты машинно-тракторного парка, которые удовлетворяют минимуму эксплуатационных затрат и минимуму потребности в кадрах механизаторов. В таком случае могут возникнуть две ситуации [92]: минимум эксплуатационных затрат достигается за счет выбора самой дешевой техники и, как правило, малопроизводительной, что увеличивает число занятых механизаторов; минимум потребности в кадрах механизаторов достигается путем выбора энергонасыщенной высокопроизводительной техники, что приводит к высоким эксплуатационным затратам. В данном случае производителям сельскохозяйственной продукции приходится выбирать машинно-тракторный парк в интервале между этими ситуациями в зависимости от того, на чем они хотят сэкономить: на эксплуатационных затратах или кадрах механизаторов.

В 2009 г. сотрудниками СибИМЭ и СибФТИ СО РАСХН, Докиным Б.Д. и

Ёлкиным О.В., предложена методика для определения оптимального состава машинно-тракторного парка с помощью, описанного выше метода, разработанного Докиным Б.Д. [69, 84]. Этот метод отличался от остальных тем, что позволял получать целые расчетные значения техники.

2.3.2 Математическая модель и алгоритм выбора оптимального состава технических средств по совокупности критериев

Метод оптимального выбора технических средств (без учета потребности в автотранспорте и погрузочных средствах), заложенный в базе данных web-приложения, позволяет подобрать технические средства с учетом ограничений по срокам выполнения сельскохозяйственных работ в заданном объеме, наличию требуемого числа работоспособной техники и квалифицированных механизаторов.

Оптимальным составом машинно-тракторного парка называется такой парк тракторов и сельскохозяйственных машин, который необходим для выполнение всех заданных объемов работ в оптимальные сроки их проведения при критериях двух минимумов: прямых эксплуатационных затрат и числа механизаторов, занятых в работах [93].

Ниже представлена математическая модель выбора технического обеспечения возделывания зерна в условиях ресурсных ограничений. Критерий минимума прямых эксплуатационных затрат определяется выражением (2.3.13) [90]:

$$\begin{gathered}\sum_{g=1}^{G}\sum_{p_g=1}^{P_g}\sum_{r=1}^{R_{p_g}}\sum_{a=1}^{A_r}\Big(Gsm_{ar}\cdot Ga_{arp_g}\cdot C\cdot k_a+AT_{arp_g}+AC_{arp_g}+TOT_{arp_g}+\\ +TOC_{arp_g}+CM_{arp_g}\cdot ЧM_{arp_g}\cdot H_{arp_g}\cdot\left(1+\frac{O_{rp_g}}{100}\right)\Big)=F_1\to\min\end{gathered}, \qquad (2.3.13)$$

где: G – рабочая группа;

P_g – периоды, на которые разбиты технологические операции, входящие в g-ю группу;

R_{Pg} – технологические операции, вошедшие в p_g-й период;

A_r – общее число агрегатов, выполняющих работу r, шт.;

Gsm_{ar} – расход ГСМ a-го агрегата на r-й работе, кг/га;

Ga_{arp_g} – объем работ, выполняемых агрегатом *a* на работе *r* в период p_g, га;

C – стоимость горюче-смазочных материалов, руб./кг;

k_a – коэффициент учета стоимости горюче-смазочных материалов (отечественной техники и стран СНГ – 1,1; зарубежной – 1,25);

AT_{arp_g}, AC_{arp_g} – затраты на амортизацию (под амортизацией понимается начисления амортизационных отчислений) для трактора и сельскохозяйственной машины агрегата *a* на работе *r* в период p_g, руб.;

TOT_{arp_g}, TOC_{arp_g} – затраты на техобслуживание и ремонт для трактора и сельскохозяйственной машины агрегата *a* на работе *r* в период p_g, руб.;

CM_{arp_g} – ставка заработной платы механизатора, работающего на агрегате *a* на работе *r* в период p_g, руб./смена;

H_{arp_g} – норма выработки агрегата *a* при выполнении работы *r* в период p_g, смена;

O_{rp_g} – социальные отчисления за выполнение работы *r* в период p_g, %.

Критерий минимума по числу механизаторов определяется выражением (2.3.14) [90]:

$$\sum_{g=1}^{G}\sum_{p_g=1}^{P_g}\sum_{r=1}^{R_{p_g}}\sum_{a=1}^{A_r} ЧМ_{arp_g} = F_2 \to \min . \qquad (2.3.14)$$

При этом должен выполняться ряд ограничений, выраженный формулами (2.3.15)–(2.3.18) [90]:

$$\sum_{r\in R_{p_g}}\sum_{a=1}^{A_r} b_{ar}^{t}\cdot x_{arp_g} \le x_t ,\ \sum_{r\in R_{p_g}}\sum_{a=1}^{A_r} b_{ar}^{s}\cdot x_{arp_g} \le x_s , \qquad (2.3.15)$$

где: A_r – общее число агрегатов, выполняющих работу *r*, шт.;

b_{ar}^{t}, b_{ar}^{s} – число тракторов и сельскохозяйственных машин марок *t* и *s* в агрегате *a*, выполняющий работу *r*;

x_t, x_s – число тракторов и сельскохозяйственных машин марок *t* и *s* данного хозяйства.

$$\sum_{p_g=1}^{P_g}\sum_{a=1}^{A_r} SR_{ar}\cdot x_{arp_g} - \min_{a\in A_r} SR_{ar} < Sq_r , \qquad (2.3.16)$$

где: SR_{ar} – производительность агрегата a на работе r, га/смена;

x_{arp_g} – количество агрегатов a, необходимых для выполнения работы r в периоде p в группе g, шт.;

Sq_r – объем работы r, га.

$$x_t \geq 0; x_s \geq 0; x_{arp_g} \geq 0; ЧМ_{arp_g} \geq 0; (r \in R_{p_g}), \quad (2.3.17)$$

где: $ЧМ_{arp_g}$ – число механизаторов агрегата a, необходимых для выполнения работы r в период p_g.

$$\sum_{p_g=1}^{P_g} \sum_{a=1}^{A_r} SR_{ar} \cdot d_{rp_g} \cdot x_{arp_g} = Sq_r, \quad (2.3.17)$$

где: d_{rp_g} – продолжительность работы r в периоде p в группе g, дни.

Блок-схема алгоритма подбора оптимального состава технических средств представлена на рисунке 2.4.

Подбор оптимального состава технических средств заключается в следующем:

1. Подготавливаются исходные данные (площади полей, технологические операции; сроки проведения работ; информация по машинно-тракторным агрегатам, включая нормы выработки по операциям; расход горюче-смазочных материалов; информация о неисправностях машин; разряды и ставки механизаторов и рабочих; культуры; средства защиты; удобрения и др.).

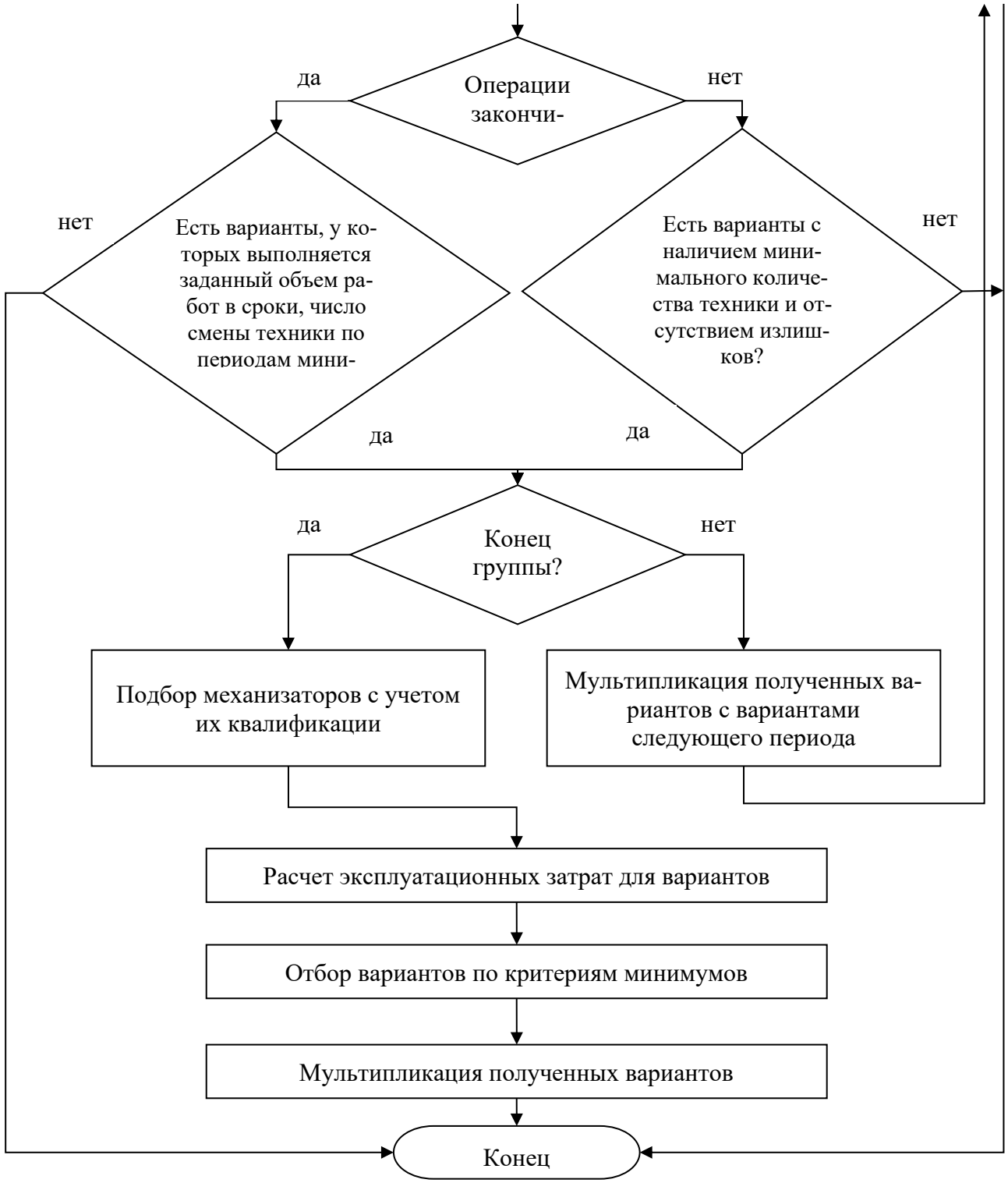
2. Все технологические операции, которые необходимо выполнить, упорядочиваются по датам начала и окончания работ.

Все работы проверяются на пересечение сроков их выполнения: если текущая работа заканчивается раньше, чем начинается следующая, то выделяется новая расчетная группа работ (рисунок 2.5). Для всех технологических операций определяются такие расчетные группы (далее группы), они обозначаются через $g = 1, \dots, G$.

4. Просматриваются все группы, начиная с первой, и по порядку. Предполагаем, что все работы, входящие в текущую группу, входят в один расчетный период (далее период). Если в рассматриваемом периоде сроки выполнения какой-либо работы пересекаются с работой, то выделяется новый период.

Рисунок 2.4 – Блок-схема алгоритма выбора технического обеспечения возделывания зерновых культур по совокупности критериев минимума эксплуатационных затрат и числа механизаторов

Продолжение рисунка 2.4



Далее определяются для всех технологических операций, входящих в g-ю группу, периоды. Они обозначаются через $p_g = 1, \dots, P_g$ (рисунок 2.5).

5. Проводится подбор вариантов для каждого периода, начиная с 1-го до P_g.

Рассматриваются технологические операции, вошедшие в p_g-й период и обозначенные через $r = 1, \dots, R_{p_g}$. Для них подбираются все возможные варианты распределения техники при соблюдении ряда ограничений:

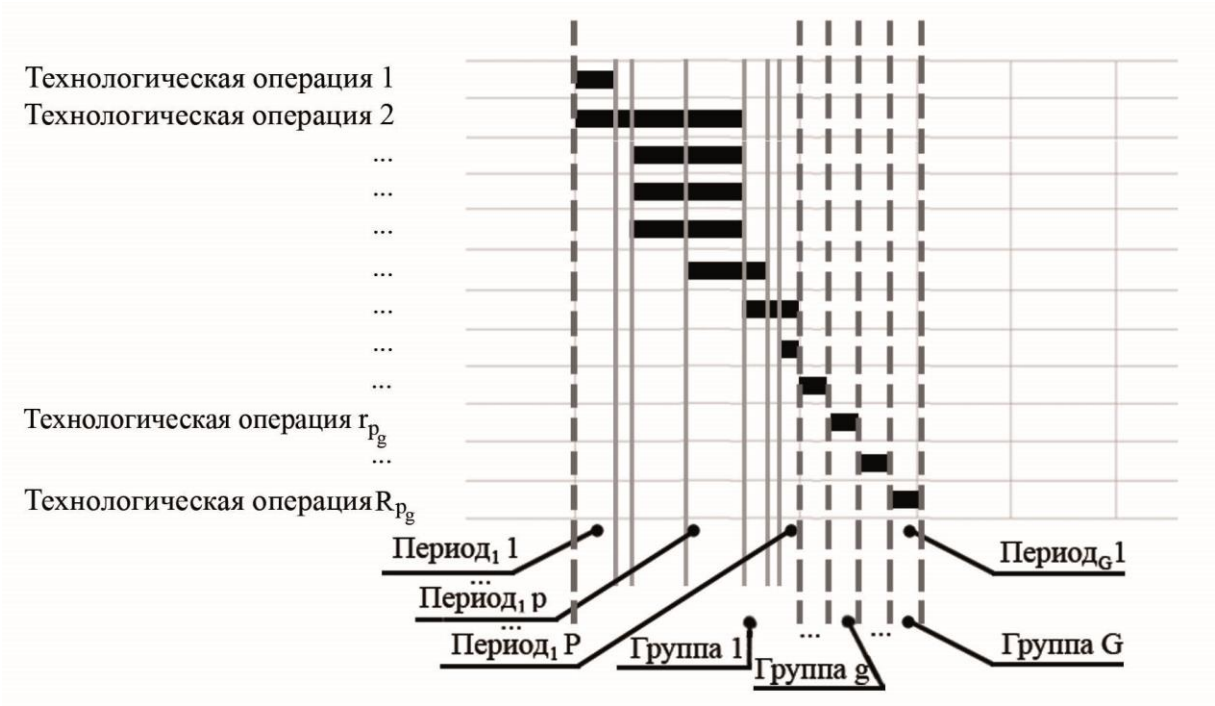


Рисунок 2.5 – Иллюстрация метода определения расчетных групп и периодов

- число тракторов и сельскохозяйственных машин, необходимых для выполнения заданного объема на работах в периоде с номером p_g, не должно превышать их общего числа (формула (2.3.15));

- во время выполнения технологических операций техника должна быть работоспособной;

- должно выполняться условие неизбыточности техники, т.е. выполнения сверх заданного объема работ не должно быть (формула (2.3.16));

- значения должны быть неотрицательными (формула (2.3.17)).

Проводится мультипликация вариантов двух соседних периодов в g-й группе, p_g и p_g+1, начиная с p=1.

6. Проверяются все закончившиеся операции, вошедшие в период p_g=1, на выполнение условий:

- выполнение заданного объема работ в установленные сроки (формула (2.3.18));

- минимальное число смены техники по периодам.

7. Рассматриваются все операции, вошедшие в период p_g+1. Все операции, которые закончились в этом периоде, проверяются на выполнение условий:

- выполнение объема работ в установленные сроки, формула (2.3.18):

- минимальное число смены техники по периодам.

Незаконченные операции проверяем на выполнение условий:

- наличие минимального количества техники, необходимого на выполнение заданного объема работ;

- отсутствие излишков техники при работе в рассматриваемых периодах.

8. Полученные варианты, удовлетворяющие условиям, используются для мультипликации с вариантами следующего периода и т.д. Пока не будут рассмотрены все периоды с 1-го до P_g, повторяется предыдущий шаг, в противном случае осуществляется переход к следующему шагу.

9. В конце группы для полученных вариантов проводится подбор механизаторов с учетом их квалификации. В случае недостаточности количества механизаторов необходимого разряда проводится подбор механизаторов более высокой квалификации. Рассматриваемый вариант состава машинно-тракторного парка отбрасывается в случае отсутствия необходимого числа механизаторов.

10. Для полученных на предыдущем этапе вариантов проводится расчет прямых эксплуатационных затрат.

11. Далее выбираются варианты, которые удовлетворяют критериям двух минимумов: минимум прямых эксплуатационных затрат по формуле (2.3.17) и минимум числа механизаторов по формуле (2.3.18).

12. Таким образом, выполняется подбор вариантов распределения имеющейся техники и механизаторов по всем группам с 1-й до G. По полученным вариантам, оптимальным по критериям минимумов и удовлетворяющим наложенным ограничениям, проводится мультипликация. Полученное в результате расчетов решение является оптимальным по критериям минимума прямых эксплуатационных

затрат и минимума механизаторов.

Каждый из вариантов имеет значения зависимостей F_1 – прямые эксплуатационные затраты, и F_2 – количество механизаторов. Выбор вариантов по минимумам прямых эксплуатационных затрат и количества механизаторов осуществляется следующим образом:

- выбирается вариант с минимальным значением прямых эксплуатационных затрат, по нему фиксируется значение зависимостей F_2;
- варианты, у которых количество механизаторов превышает зафиксированное значение, исключаются;
- из оставшихся вариантов выбирается вариант с минимальным количеством механизаторов, по нему фиксируется значение зависимостей F_1;
- варианты, у которых прямые эксплуатационные затраты превышают зафиксированное значение, исключаются;
- оставшиеся варианты удовлетворяют критериям минимумов зависимостей F_1 и F_2.

В 2017 году опубликованы методические рекомендации по созданию и применению информационного сопровождения машинных агротехнологий возделывания яровой пшеницы с помощью программного комплекса «ПИКАТ» [94].

Подбор оптимальной структуры машинно-тракторного парка для выбранных технологий следует проводить с использованием методов, позволяющих рассчитывать состав машинно-тракторного парка на основе экономической оценки (в частности, эксплуатационных затрат), не забывая при этом о накладываемых ограничениях по срокам выполнения работ и количественному и качественному составу механизаторов.

Таким образом, подбор оптимального машинно-тракторного парка представляет собой многокритериальную задачу, решение которой необходимо искать в многомерном пространстве аргументов, функций и функционалов, имеющих место при производстве сельскохозяйственной продукции. Отличительным признаком

сегодняшнего подхода в задачах сельского хозяйства является развитие и применение информационных технологий, которые позволяют обрабатывать большие объемы неструктурированных данных, решать производственные задачи, оптимизировать управление технологическими и организационными процессами [89, 95, 96].

2.4. Выводы

1. Увеличение урожайности является необходимым условием наращивания производства зерна в Сибири (при общем применении химизации для различных технологий) и подтверждением этого же данными валового сбора различных уровней интенсификации, в нашем исследовании рассматриваются интенсивные технологии на базе различных вариантов обработки почвы.

2. Для оценки экономической эффективности технологий и технических средств в данной работе выбраны прямые эксплуатационные затраты, определяемые согласно ГОСТ Р 53056-2008.

3. Предложены математическая модель и алгоритм выбора оптимального состава технических средств по критериям минимума эксплуатационных затрат и минимума числа квалифицированных механизаторов, позволяющий сформировать машинно-тракторный парк в условиях ресурсных ограничений с оценкой затрат на проведение работ в заданные агротехнические сроки.

ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Программа исследований

Для достижения цели исследования в данной работе поставлены задачи по обоснованию, выявлению взаимосвязи и оценке экономической эффективности вариантов технологий и технологического обеспечения. Для выполнения поставленных задач и подтверждения теоретических положений разработана программа исследований, которая предусматривает проведение работ по расчету машинно-тракторного парка, экономической оценке и обоснованию выбора альтернативных вариантов технических средств.

Программа исследований предусматривает проведение работ в несколько этапов: выбор и обоснование методов проведения исследований; подготовка исходных данных и подбор оптимальных машинно-тракторных парков для разных технологий с помощью выбранных методов; оценка полученных результатов и проверка теоретических положений.

Программа исследований включает следующее:

1. Выбор методов подбора оптимального состава машинно-тракторного парка, отвечающих требованию выполнения сроков проведения полевых работ, в основе которых лежит обоснование структуры машинно-тракторного парка по экономической оценке, и методики расчета экономических показателей.

2. Выбор хозяйства, расположенного в южно-лесостепной зоне Новосибирской области, основным направлением которого является зерновое производство с площадью свыше 3000 га.

3. Формирование исходных данных для выбранных технологий, необходимых для расчета состава машинно-тракторного парка и оценки экономической эффективности.

4. Расчет и выбор альтернативных вариантов технических средств для каждой из выбранных технологий с помощью программного обеспечения.

5. Оценка экономической эффективности рассматриваемых технологий и машинно-тракторного парка.

В данном исследовании будем рассматривать три технологии возделывания зерновых культур: интенсивная на базе отвальной обработки почвы, интенсивная на базе минимальной обработки почвы и интенсивная на базе нулевой технологии (т).

3.2. Обоснование выбора методов подбора оптимального состава машинно-тракторного парка

Согласно проведенному анализу методов обоснования структуры машинно-тракторного парка необходимо использовать методы, которые учитывают дефицит квалифицированных механизаторов и обеспечат выполнение заданного объема работ в установленные сроки при минимальных эксплуатационных затратах на возделывание зерна. Метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов работ предполагает использование тракторов во всем годовом комплексе работ, учитывает необходимость выполнения заданного объема работ в установленные сроки и рассматривается, как известный метод, в качестве подтверждения достоверности результатов расчетов.

Однако техническая политика на сегодняшний день изменилась: появились энергонасыщенные трактора, которые используются на посевных работах. Для этой техники требуются высококвалифицированные механизаторы. В связи с этим для выполнения расчетов применяется метод, основанный на разработанной математической модели и алгоритме выбора оптимального состава технических средств, учитывающий не только потребность в механизаторах, но и их квалификацию, рассматривается в качестве выполнения расчетов исследования. Оба метода

реализованы в виде программного обеспечения, что обеспечивает удобство их применения.

3.3. Обоснование выбора хозяйства для моделирования

Согласно письму от Министерства сельского хозяйства Новосибирской области №2254-06/23 от 17.06.2019 утвержден перечень хозяйств области для реализации научного проекта СФНЦА РАН по цифровизации машинных технологий. В него включены следующие сельскохозяйственные организации южно-лесостепной зоны области: ООО «Рубин» Краснозерского района, ЗАО «Новомайское» Краснозерского района, ИП КФХ Мирошник Д.И. Краснозерского района, ИП Вайс А.Э. Краснозерского района. Хозяйство ЗАО «Новомайское» относится к нормальному уровню интенсификации, остальные перечисленные хозяйства – интенсивного уровня интенсификации. ООО «Рубин» Краснозерского района и ЗАО «Новомайское» – крупные хозяйства с посевными площадями свыше 10000 га, два других – средние с площадями 3000-7000 га. Основываясь на хозяйственной деятельности, уровне интенсификации технологий, объеме производства зерновых культур, расположенности в южно-лесостепной зоне Новосибирской области для исследований выбрано ЗАО «Новомайское» как представительское хозяйство, находящееся на нормальном уровне технологий, чтобы на его примере исследовать эффективность перехода от нормальных технологий к интенсивным.

Расчет машинно-тракторного парка, экономических показателей для выбранных технологий будет проводиться на примере представительского хозяйства ЗАО «Новомайское», расположенного в южной лесостепной зоне Новосибирской области.

3.3.1. Характеристика хозяйства

Закрытое акционерное общество «Новомайское» расположено на юго-западе Новосибирской области в Краснозерском районе в центре Кулундинской зоны. Общая земельная площадь составляет 30620 га, в том числе сельхозугодий – 28613 га. Структура сельскохозяйственных угодий представлена в Таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Структура сельскохозяйственных угодий ЗАО «Новомайское»

Показатель	Значение, га
Общая площадь сельскохозяйственных угодий	28613
Пашня	20529
Площадь посева всего	18490
Площадь чистых паров	2039
Залежь	20
Сенокосы	3584
Пастбища	4368
Прочие	112

Основное направление сельскохозяйственной деятельности – зерновое производство, но вместе с тем осуществляется деятельность по следующим неосновным направлениям: разведение свиней, овец и коз, крупного рогатого скота; выращивание кормовых культур, заготовка растительных кормов; производство муки из зерновых и растительных культур и готовых мучных смесей и проч.

Для приемки, подработки и хранения зерна имеется большое токовое хозяйство. На территории расположены восемь вместительных складов, три крытых площадки, сушильный комплекс и четыре зерноочистительных агрегата. В ремонтной мастерской производятся ремонтные работы сельхозинвентаря, тракторов и комбайнов.

3.3.2. Почвенно-климатические условия

Хозяйство расположено в пределах юго-западной части Приобского плато. Территория представляет собой плоские слабодренированные равнины. Структура почвенного покрова хозяйства представлена преимущественно черноземами обыкновенными в комплексе с черноземами обыкновенными солонцеватыми по пониженным элементам рельефа.

В хозяйстве проводился анализ отобранных образцов почв на ряд показателей, таких как наличие в почве питательных элементов. В результате было выявлено, что содержание нитратного азота в слое почвы 0-40 см сильно варьируется, но большая часть обследованных угодий характеризуется низкой степенью обеспеченности растений доступным азотом, который будет испытываться в процессе вегетации. Проведенный анализ показал среднюю обеспеченность фосфором (в соответствии с градацией Николова Н.) на большей части обследованных угодий.

Климат Краснозерского района, в котором расположено ЗАО «Новомайское», континентальный. Лето – короткое и жаркое, средняя температура июля +19,8 ^{0}С, абсолютный максимум +37-38 ^{0}С. Безморозный период длится 115-120 дней. Зима – продолжительная и холодная, заморозки начитаются с 16 сентября и заканчиваются 24 мая. Средняя температура января составляет -17,0 ^{0}С, абсолютный минимум -48 ^{0}С. Снег выпадает с 4 ноября и лежит до 13 апреля, что составляет 157 дней. Высота снежного покрова 50-80 см в богатые осадками зимы и до 20 см в малоснежные. Промерзание почвы, несмотря на суровые зимние условия, сравнительно неглубокое. Средняя многолетняя из максимальных глубин промерзания составляет 179 см [97].

Территория хозяйства расположена на границе двух агроклиматических подрайонов: умеренно-теплый слабо увлажненный и теплый слабо увлажненный. Для территории характерно небольшое количество осадков и их неравномерное распределение по сезонам года. Годовое количество осадков в среднем равно 375-400 мм, за май-июнь – около 75 мм, за май-сентябрь – около 210 мм. В мае-июне возможны воздушные засухи.

3.4. Методика формирования исходных данных

Исходные данные, необходимые для расчета состава машинно-тракторного парка и оценки экономической эффективности, формируются из данных хозяйства в виде таблиц в файле формата *.doc или *.xls.

Формируется таблица по культурам со следующими столбцами: название культуры; норма высева, млн. зерен/га; масса 1000 зерен, г; семян на га, кг.

Формируется таблица по технологическим операциям для всех рассматриваемых технологий: название, разряд работ, единица измерения.

Формируется таблица по тарифным ставкам механизаторов: разряд; ставка, руб.

Формируется таблица по налогам и доплатам: название; значение, %

Формируется таблица по ценам на ГСМ и электроэнергию: вид топлива; стоимость, руб.; единица измерения.

Формируются таблицы по техническим средствам: наименование; наличие в хозяйстве, шт.; балансовая стоимость, руб.; процент амортизации, %; процент на техническое обслуживание и ремонт, %; нормативная годовая загрузка, ч.; тип трактора, колесный/гусеничный; происхождение, отечественный/зарубежный.

Формируется таблица по агрегатам: название агрегата; количество сельскохозяйственных машин, шт.; вид топлива; технологические операции, для которых предназначен агрегат; производительность, га/ч.; расход ГСМ, кг/га (или электроэнергии, кВт/ч.)

Формируется таблица по механизаторам: ФИО, разряд, тракторы и комбайны, закрепленные за ним.

3.5. Методика расчета эксплуатационных затрат на возделывание зерна

В качестве основных показателей экономической оценки выполнения технологий берутся затраты труда и ресурсов, стоимость валовой продукции и ее прибавки при применении агроприема, себестоимость получаемой продукции на 1 га посевов, рентабельность и доход с га площади. Для практической реализации технологий выращивания зерновых культур необходимо также учитывать ресурсно-экономические показатели разрабатываемых технологий, выбирать экономически более выгодные и продуктивные варианты и предлагать их сельхозтоваропроизводителям. На современном этапе экстенсивного ведения зернового производства важное значение приобретают показатели ресурсосбережения и трудовых затрат [19].

На сегодняшний день на многих предприятиях, занимающихся сельскохозяйственным производством, можно отметить значительный недостаток квалифицированных механизаторов. Следовательно, при выборе технологий, средств механизации и их экономической оценке необходимо учитывать стоимость рабочей силы (затраты на подготовку, повышение квалификации, социально-жилищное обустройство). Эти затраты должны быть отображены в эксплуатационных затратах соразмерно нормативной загрузке механизаторов в цикле сельскохозяйственных работ, особенно в случаях увеличения объемов производства и внедрения новой техники [15].

Экономическая эффективность применения технологий и средств механизации в современном мире в большей степени определяется не эксплуатационными затратами, а дополнительным эффектом, получаемым в результате освобождения рабочей силы (механизаторов), что способствует сокращению затрат на социальную сферу, повышению качества работ и росту урожайности путем повышения качества продукции и сокращения потерь [15].

Прямые эксплуатационные затраты производства – это денежные средства,

необходимые для выполнения машинами сельскохозяйственной работы, и включающие затраты на: заработную плату, горюче-смазочных материалов, ремонт и техническое обслуживание, реновацию, затраты на основные и вспомогательные материалы [24].

Прямые эксплуатационные затраты рассчитываются по формуле согласно «ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» [24]:

$$И = З + Г + Р + А + Ф, \quad (3.4.1)$$

где З – расходы на заработную плату работников, руб./ед. наработки;

Г – расходы на горюче-смазочные материалы, газ, электроэнергию, руб./ед. наработки;

Р – расходы на ремонт и техническое обслуживание, руб./ед. наработки;

А – затраты на амортизацию, руб./ед. наработки;

Ф – прочие прямые затраты на основные и вспомогательные материалы, руб./ед. наработки.

Расходы на заработную плату механизаторов и рабочих считают по формуле [24]:

$$З = \frac{1}{W_{см}} Л \tau K_2, \quad (3.4.2)$$

где Л – число работников, чел.;

$W_{см}$ – производительность за 1 час смены, ед. наработки;

τ – заработная плата работников, руб./чел.-час;

K_2 – коэффициент начислений на зарплату при различных формах налогообложения.

Расходы на горюче-смазочные материалы, газ и электроэнергию считаются по формуле [24]:

$$Г = q_T Ц_T K_{см.м}, \quad (3.4.3)$$

где $q_т$ – удельный расход топлива, газа, электроэнергии, кг/ед. наработки, м^3/ед. наработки, кВт·ч/ед. наработки;

$Ц_т$ – цена единицы топлива, руб./кг, руб./ м^3, руб./ кВт·ч;

$K_{см.м}$ – коэффициент учета стоимости смазочных материалов.

Расходы на ремонт и техническое обслуживание техники считают по формуле [24]:

$$P = \frac{Бr_p}{W_{см}T_2}, \quad (3.4.4)$$

где $Б$ – цена техники (без НДС), руб.;

$r_р$ – коэффициент отчислений на ремонт и техническое обслуживание техники;

$W_{см}$ – производительность агрегата в час эксплуатационного времени, ед. наработки;

$Т_2$ – годовая зональная фактическая загрузка техники, ч.

Расход средств на амортизацию техники считают по формуле [24]:

$$A = \frac{Ба}{W_{см}T_2}, \quad (3.4.5)$$

где a – коэффициент отчислений на амортизацию техники.

Прочие прямые затраты на основные и вспомогательные материалы считают по формуле [24]:

$$Ф = \sum_i h_i Ц_{M_i}, \quad (3.4.6)$$

где h_i – удельный расход вида материала i, кг/ед. наработки, м/ед. наработки, шт./ед. наработки;

$Ц_{M_i}$ – стоимость единицы вида расходуемого материала i, руб.

Одним из показателей оценки эффективности техники в стандарте Российской Федерации ГОСТ Р 53056-2008 являются совокупные затраты – «сумма денежных средств, включающая в себя прямые эксплуатационные затраты, а также значения убытка денежных средств от изменения количества и качества продукции, условий труда обслуживающего персонала, от отрицательного воздействия техники на окружающую среду» [24]. Критерий «совокупные затраты» применяют в случае оценки технологий и техники по народнохозяйственной эффективности. В рыночных условиях сельхозтоваропроизводитель стремится получить как можно

больше продукции с наименьшей (ограниченной) себестоимостью, что обеспечивают минимум прямых эксплуатационных и производственных затрат [30].

На сегодняшний день, чтобы определить эффективность производства продукции растениеводства в условиях рынка и его конкурентоспособность необходимо оценить уровень прибыли, получаемой предприятием. Для этого необходимо рассчитать себестоимость произведенной продукции, выраженную в эксплуатационных, и оценить технологии возделывания культур. Прямые эксплуатационные затраты включают расходы на заработную плату работников, горюче-смазочные материалы, отчисления на реновацию и ремонты, запасные части, и т.д. К прямым затратам также относятся затраты на семена, средства химической защиты растений, органические и минеральные удобрения, которые формируются, исходя из установленных экономических нормативов и сложившихся цен на эти ресурсы, применяемых технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. Затраты на семена, средства защиты растений и удобрения согласно ГОСТ Р 53056-2008 [24] считаются как произведение стоимости единицы материала (цена семенного материала, руб./кг, цена на средства защиты и удобрения, руб./кг) на норму его расхода.

В полную себестоимость механизированных работ, кроме вышеперечисленного может входить оценка дефицита количества механизаторов и потерь урожая. Таким образом, при сравнении работы сельскохозяйственных машин и агрегатов по выбранным технологиям необходимо определить себестоимость операций по прямым эксплуатационным затратам.

3.6. Методика расчета и обоснования выбора альтернативных вариантов технических средств

1. Проводится расчет с применением программного комплекса «Agro», реализующего метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов работ на укрупненных данных хозяйства для получения предварительных расчетов.

2. Подготавливаются исходные данные для моделирования. Для этого в редакторе баз данных, представленном в виде web-приложения и являющегося частью программного комплекса «ПИКАТ», выбирают по порядку внесения данных вкладки «Культуры», «Технологические операции», «Техника» (состоит из вкладок «Тракторы и комбайны», «Сельскохозмашины» и «Агрегаты»), «Механизаторы», «Тарифные ставки механизаторов», «Налоги и доплаты», «Цены на ГСМ и электроэнергию». Для добавления данных в каждой из перечисленных вкладок необходимо заполнить пустые поля, внося соответствующую информацию. Для агрегатов указывается на каких технологических операциях они могут быть использованы.

3. Из технологических операций формируются урезанные варианты технологических карт по трем технологиям (для интенсивной технологии на базе отвальной обработки почвы, на базе минимальной обработки и no-till). Для этого для каждой технологии создается пустая технологическая карта в соответствующем окне программного комплекса «ПИКАТ» – «АГРОТЕХ», путем добавления технологических операций из списка, сформированного на предыдущем шаге, кроме того, указывается продолжительность смены в часах, разряд работ, объем работ в га.

4. Запускается выполнение расчетов – моделирования вариантов состава технических средств. В результате расчета на экран выводятся варианты подбора машинно-тракторного парка, которые сохраняются программой в виде электронных технологических карт. Для дальнейших расчетов технологические карты экспортируются из программы в файл приложения MS Excel в формате *.xls или *.xlsx. Файл состоит из таблиц, содержащих затраты, рассчитанные согласно методике расчета затрат на возделывание зерна. Затраты приведены по каждому агрегату отдельно.

5. Для каждой технологической карты и каждой технологической операции с помощью средств среды MS Excel суммируются затраты по агрегатам: расход ГСМ, отчисления на амортизацию и техническое обслуживание, заработная плата. Из полученных расчетов формируется таблица затрат по технологии. Из списка агрегатов формируется таблица технических средств, необходимых для выполнения заданной технологии, из списка занятых механизаторов определяется их количество, необходимое для выполнения заданной технологии.

6. Расчет затрат на химизацию и удобрения выполняется по формуле (3.4.6) на основе усредненной цены на препараты, взятой с сайтов http://pesticidy.ru и htpp://agromax.pro на 13.05.2020 г.

7. Пункты 2-6 выполняются для каждой из рассматриваемых интенсивная технологий на базе отвальной обработки почвы, минимальной обработки почвы и нулевой (no-till).

3.7. Методика оценки экономической эффективности

Продолжительность посева пшеницы, рекомендованной для южно-лесостепной зоны, составляет 12 дней, при этом средняя урожайность в ЗАО «Новомайское» составляет порядка 20 ц/га. В работе предложена продолжительность посева пшеницы – 10 дней. Сокращение сроков посева целесообразно в связи с весенними воздушными засухами, случающимися в выбранной зоне, и потерями урожая на уборке при увеличении сроков (в засушливые годы потери урожая особенно значимы [21, 76]).

Кроме того, имеется пример частного хозяйства ИП Вайса А. Э., расположенного в том же районе, что и хозяйство, взятое для моделирования. При схожих природно-климатических условиях, парке техники комбайнов и тракторов марок John Deere, Claas, Case, средняя урожайность пшеницы составляла 32 ц/га в 2016 г. и 40,1 ц/га в 2019 г. (в ЗАО «Новомайское» – 17,1 ц/га в 2016 г. и 21,6 ц/га в 2019 г.).

В связи с этим предполагается недостаточная обеспеченность хозяйства ЗАО «Новомайское» квалифицированными механизаторами и тракторами для выполнения заданных объемов работ для посева пшеницы в 10 дней.

Оценка экономической эффективности рассматриваемых технологий и машинно-тракторного парка, определяется прямыми эксплуатационными затратами, себестоимостью и потребностью в механизаторских кадрах на 1000 га посевов зерновых.

Себестоимость 1 ц продукции для каждой технологии определяется делением суммы затрат на возделывание зерна в расчете на 1 га, полученных в результате расчетов, на валовой сбор продукции, полученный из урожайности зерновых и площадей посева с учетом табличного коэффициента усушки 7 % (взята исходная влажность зерна 20 % и 14 % итоговая). Расчет себестоимости продукции зерна выполняется на основе средней урожайности на интенсивном уровне по непаровым предшественникам пшеницы – 35 ц/га, ячменя – 40 ц/га, овса – 30 ц/га (данные взяты из руководства «Системы земледелия и агротехнологий в Новосибирской области» [1]).

Затраты труда на 1000 га посевов определяются путем деления суммы затрат труда (часов) всех занятых работников на площадь посева, деленную на тысячу.

Все расчеты выполняются в условиях посева пшеницы в 12 дней (согласно рекомендациям), затем выполняются при условии посева в 10 дней (согласно нашему предположению). По полученным результатам расчетов строятся графики потребности в тракторах в зависимости от сроков выполнения работ, эксплуатационных затрат и стоимости машинно-тракторного парка. На основании полученных расчетов осуществляется выбор технологии с учетом ресурсного потенциала хозяйства.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Исходные данные по хозяйству для моделирования расчетов

На основе анализа данных в качестве хозяйства для моделирования выбрано ЗАО «Новомайское». Хозяйство имеет четыре отделения, которые представляют четыре населенных пункта: с. Майское, с. Чернаки, п. Целинный, п. Беспятый. Основное направление сельскохозяйственной деятельности ЗАО «Новомайское» – зерновое производство. Основная техника для возделывания зерновых культур сосредоточена в двух отделениях: Чернаковском и Центральном (см. Приложение А).

Общая площадь посевов составляет 20529 га и разделена по естественным причинам на 40 участков площадью от 257 до 626 га. Доля зерновых в общем севообороте составляет 77 %, паров – 10 %, однолетних трав – 4 %, многолетних трав – 9 %.

Общая численность работающих в хозяйстве 316 человек, из них 56 человек заняты в растениеводстве. Структура посевных площадей хозяйства, состав машинно-тракторного парка и число механизаторов по отделениям хозяйства представлены в Приложении А. Исходные данные для моделирования выбраны за 2017 год.

4.2. Исходные данные по выбранным технологиям и техническому обеспечению

Все расчеты в работе выполнены на основе модельного хозяйства ЗАО «Новомайское» Краснозерского района Новосибирской области. В качестве исходных данных использована информация о возделываемых в хозяйстве культурах, о трак-

торах и сельскохозяйственных машинах, об оплате труда работников, об удобрениях и средствах защиты, о технологиях возделывания зерновых культур.

Данные по сортам вместе со сроками посева и средней урожайностью культур по хозяйству за 2013-2019 годы представлены в Приложении А. Для расчета машинно-тракторного парка и оценки технологий была выбрана интенсивная технология на базе отвальной, минимальной обработок почвы и нулевой (no-till).

Подробно технологии представлены в Таблицах 4.1–4.3. В расчетах не учитываются операции: калибровка, воздушно-тепловой обогрев, протравливание семян, транспортировка и др., которые являются частью подготовительных работ. Для расчета оптимального состава машинно-тракторного парка необходимо знать состав машинно-тракторных агрегатов и информацию по выполняемой ими работе, а также о механизаторах, занятых на этих работах.

Таблица 4.1 – Интенсивная технология возделывания зерновых по непаровым предшественникам на базе отвальной обработки почвы

№	Технологическая операция	Параметры технологической операции
1	Ранневесеннее боронование	Глубина 3-4 см
2	Калибровка семян и очистка от пыли	Удаление мелких семян и пыли
3	Воздушно-тепловой обогрев семян	Солнечный обогрев на площадках 3-5 дней или 2-3 часа на сушилках при t 45-50^{0}С
4	Протравливание семян	Системный препарат, с увлажнением 10 л/т
5	Предпосевная обработка и посев	N_{40} P_{20} в рядки, глубина 4-5 см
6	Обработка гербицидами против злаковых сорняков	Пума супер 100 – 1 л/га
7	Обработка гербицидами против двудольных сорняков	Баковая смесь Зерномакс 0,4 л/га + 0,3 л/га Диален Супер в 150-200 л/га воды
8	Борьба с листостеблевыми инфекциями	Препараты, л/га: Тилт, КЭ-0,5, Колосаль, КЭ-0,5-1, Алькор, КС-0,1-0,2, Зенон Аэро, КЭ-0,7-1,25

Продолжение таблицы 4.1

№	Технологическая операция	Параметры технологической операции
9	Подкормка азотными удобрениями, защита от болезней и вредителей колоса	10-20 кг д.в. мочевины в 200-300 л/га воды, Тилт – 0,5 л/га, Шарпей – 0,1-0,3 л/га
10	Уборка	Прямое комбайнирование с измельчением и разбрасыванием соломы
11	Транспортировка зерна от комбайна	Без потерь
12	Лущение стерни	-
13	Вспашка	20-22 см

Таблица 4.2 – Интенсивная технология возделывания зерновых по непаровым предшественникам на базе минимальной обработки почвы

№	Технологическая операция	Параметры технологической операции
1	Ранневесеннее боронование	Глубина 3-4 см
2	Калибровка семян и очистка от пыли	Удаление мелких семян и пыли
3	Воздушно-тепловой обогрев семян	Солнечный обогрев на площадках 3-5 дней или 2-3 часа на сушилках при t 45-50^{0}С
4	Протравливание семян	Системный препарат, с увлажнением 10 л/т
5	Комбинированная обработка, предпосевная и посев с внесением удобрений в рядки	Норма высева 5 млн/га всхожих зерен, N_{40} P_{20} в рядки, глубина 4-5 см
6	Обработка гербицидами против злаковых сорняков	Пума супер 100 – 1 л/га
7	Обработка гербицидами против двудольных сорняков	Баковая смесь Зерномакс 0,4 л/га + 0,3 л/га Диален Супер в 150-200 л/га воды
8	Борьба с листостеблевыми инфекциями	Тилт, КЭ-0,5 л/га, Колосаль, КЭ-0,5-1 л/га, Алькор, КС-0,1-0,2 л/га, Зенон Аэро, КЭ-0,7-1,25 л/га
9	Уборка	Прямое комбайнирование с измельчением и разбрасыванием соломы
10	Транспортировка зерна от комбайна	Без потерь
11	Мелкая безотвальная зяблевая обработка почвы	Культиватором на глубину 10-12 см

Таблица 4.3 – No-till технология возделывания зерновых

№	Технологическая операция	Параметры технологической операции		
		пшеница	ячмень	овес
1	Калибровка семян и очистка от пыли	Удаление мелких семян и пыли		
2	Воздушно-тепловой обогрев семян	Солнечный обогрев на площадках 3-5 дней или 2-3 часа на сушилках при t 45-50^{0}С		
3	Протравливание семян	Системный препарат, с увлажнением 10 л/т Винцент – 0,6, Иншур – 0,1, Раназол ультра – 0,2, Оплот – 1, Магнифос таб – 0,1	Системный препарат, с увлажнением 10 л/т Винцент – 0,6, Иншур – 0,1, Раназол ультра – 0,2, Оплот – 1	
4	Предпосевная обработка	РАП – 1,5 т/га		
5	Погрузка и транспортировка семян	-		
6	Посев прямой +подкормка	Препараты, т/га: Аммиачная селитра – 0,09, Амофос – 0,02, Диамофос – 0,01, Карбамид – 0,01	Препараты, т/га: Аммиачная селитра, – 0,07, Амофос – 0,02	Препараты, т/га: Аммиачная селитра, – 0,08, Амофос, – 0,02
7	Обработка против однолетних и многолетних двудольных сорняков	Препараты, т/га: Элант КЭ – 0,8, Агритокс – 0,6, Тризлак – 0,015, Факстрот экстра – 0,5, Сталкер – 0,015, Ластик-экстра – 0,8, Ягуар супер – 0,7, Метурон – 0,01, Торнадо-500 – 3, Зерномакс – 0,5, Адью – 0,02, Ластик-топ – 0,4	Препараты, т/га: Ластик-экстра – 0,8, Ягуар супер – 0,7, Плуггер – 1	Препараты, т/га: Балерина – 0,5

Продолжение таблицы 4.3

№	Технологическая операция	Параметры технологической операции		
		пшеница	ячмень	овес
8	Борьба с вредителями	Препараты, т/га: Биаготри – 0,5 Магнифос – 0,1, Борей – 0,1, Борей-нео – 0,1, Брейк – 0,1		
9	Борьба с болезнями	Препараты, т/га: Рекс дуо – 0,5, Колосаль про – 0,5		
10	Скашивание в валки	-		
11	Подбор и обмолот валков	-		
12	Уборка прямая	Прямое комбайнирование с измельчением и разбрасыванием соломы		
13	Транспортировка зерна от комбайна	Без потерь		

В таблице 4.4 представлены агрегаты, которые использованы в исследовании. Данные по производительности и расходу ГСМ взяты из справочников [98, 99] и технических характеристик техники.

Таблица 4.4 – Агрегаты по операциям

Название операции	Название агрегата (трактор + сельскохозяйственная машина)	Производительность, га/час	Расход ГСМ, кг/га
Культивация	John Deere + Top Down 600	5,5	10
Опрыскивание	МТЗ + ОП-2000	12,5	0,8
	МТЗ + HARDI Navigator	24	1,0
	К-744Р3 + Amazone UX 5200	62,4	1,2
	John Deere 4730	31	1,2
Вспашка	John Deere + Kverneland RX 100	3	16

Продолжение таблицы 4.4

Название операции	Название агрегата	Производитель-ность, га/час	Расход ГСМ, кг/га
Безотвальная обработка почвы	John Deere + John Deere 2410	13	15
Ранневесеннее боронова-ние	John Deere + БЗГТ-25 Победа	35	1,9
	МТЗ + СГ-21 + 12БЗСС-1,0	5,6	2,0
	К-744Р3 + БЗГ-24-021	19,2	1,9
	МТЗ + СГ-21 + 15ЗБЗС-1,0	6,3	1,7
	John Deere + Degelman-24 м	35	1,8
	МТЗ + Штригель-12 м	16,8	1,5
	John Deere + Штригель-24 м	33,6	2
Посев	John Deere + John Deere 730 + John Deere 1910	11,7	5,9
	МТЗ + СЗП-3,6	2,2	3,9
	John Deere + John Deere 1895 + John Deere 1910	13	6,2
Посев	New Holland + Salford	5	6.0
	John Deere + DMC 602	9,1	5,9
	К-744Р3 + Optima	4,1	3,8
Подбор валков и прямая уборка	Комбайн John Deere	10,27	3,0
	Комбайн Claas Lexion 570C	10,8	4,0
	Комбайн Claas Mega 370	7,2	2,8
	Комбайн HewHolland	9,2	3,0
Прессование	МТЗ + Rollant-240	2	1,2
	МТЗ + Rollant-340	2	1,2
	МТЗ + New Holland	3,3	1,7
Сгребание и ворошение травяной массы	Liner 1550	3,2	1,5
	МТЗ + H-90-V10	8,4	4,0
Скашивание	MacDon M-155	15,6	2,5
	МТЗ + КДН-210	2,85	2,0
	John Deere + Taarup 5090	5,9	5,4
Уборка кормов	Комбайн Claas Jaguar 850	4,5	3,0

4.3. Расчеты на укрупненных данных хозяйства

Методом сквозного просмотра вариантов для существующей структуры посевных площадей проведем расчет варианта машинно-тракторного парка. Возьмем укрупненные данные хозяйства для выполнения основных технологических операций в заданные сроки. В хозяйстве применяется no-till.

В работе рассмотрено возделывание зерновых: яровая пшеница 12493 га (посев 14-25 мая), яровой ячмень 932 га (посев 9-13 мая), яровой овес 953 га (посев 25-31 мая); и при условии посева пшеницы в 10 дней: яровая пшеница 12493 га (посев 14-23 мая). Основные технологические операции, которые мы рассматриваем, приведены в Таблице 4.5.

Расчеты выполнены с применением программного комплекса «Agro», реализующего метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов работ. В расчетах использовалась десятичасовая смена, на посеве и уборке – двухсменный режим. Рассчитанный состав машинно-тракторного парка для двенадцатидневного срока посева пшеницы представлен в Таблице 4.6. В Таблице 4.7 представлены результаты расчета при посеве пшеницы в 10 дней.

Таблица 4.5 – Основные технологические операции по культурам

Культура	Площадь, га	Технологические операции
Пшеница	12493	Опрыскивание
		Предпосевная обработка и посев
		Прямое комбайнирование с разбрасыванием соломы
Ячмень	932	Опрыскивание
		Предпосевная обработка и посев
		Прямое комбайнирование с разбрасыванием соломы
Овес	953	Опрыскивание
		Предпосевная обработка и посев
		Прямое комбайнирование с разбрасыванием соломы

Таблица 4.6 – Парк машин, рассчитанный методом сквозного просмотра вариантов при двенадцатидневном сроке посева пшеницы

Марка техники, наименование	Наличие в хозяйстве, шт.	Расчетное количество, шт.
Трактор John Deere 9530	1	1
Трактор John Deere 9430	1	1
Трактор John Deere 9420	2	2
Трактор HewHolland	1	1
Трактор К-744Р3	1	1
Трактор МТЗ-80 / МТЗ-82	18	5
Трактор МТЗ-1221	0	1
Комбайн HewHolland CX 6090	4	1
Комбайн John Deere 9660 STS	2	2
Комбайн John Deere 9670	2	1
Комбайн Claas Lexion 570C	4	1
Самоходный опрыскиватель John Deere 4730	1	1
Прицепной опрыскиватель ОП-2000	1	4
Прицепной опрыскиватель Hardi Navigator 3000	1	1
Прицепной опрыскиватель Amazone UX 5200	1	1
Посевной комплекс John Deere 730	2	2
Посевной комплекс John Deere 1895	1	2
Посевной комплекс Salford	1	1
Сеялка Amazone DMC 602 Primera	1	1
Сеялка Kverneland Optima	1	1
Прицеп John Deere 1910	6	2

Как видно из таблицы для выполнения заданных объемов работ хозяйство достаточно обеспечено тракторами, однако имеется недостаток в опрыскивателях для обеспечения выполнения технологий на интенсивном уровне, поскольку хозяйство ЗАО «Новомайское» относится к хозяйствам нормального уровня интенсификации.

Таблица 4.7 – Парк машин, рассчитанный методом сквозного просмотра вариантов при десятидневном сроке посева пшеницы

Марка техники, наименование	Наличие в хозяйстве, шт.	Расчетное количество, шт.
Трактор John Deere 9530	1	1
Трактор John Deere 9430	1	2
Трактор John Deere 9420	2	3
Трактор HewHolland	1	0
Трактор К-744Р3	1	0
Трактор МТЗ-80 / МТЗ-82	18	10
Комбайн HewHolland CX 6090	4	3
Комбайн John Deere 9660 STS	2	2
Комбайн John Deere 9670	2	2
Комбайн Claas Lexion 570C	4	2
Комбайн Claas Mega 370	1	1
Комбайн Claas Jaguar 850	1	1
Самоходный опрыскиватель John Deere 4730	1	1
Прицепной опрыскиватель ОП-2000	1	4
Прицепной опрыскиватель Hardi Navigator 3000	1	1
Прицепной опрыскиватель Amazone UX 5200	1	1
Посевной комплекс John Deere 730	2	3
Посевной комплекс John Deere 1895	1	3
Посевной комплекс Salford	1	1
Сеялка Amazone DMC 602 Primera	1	1
Сеялка Kverneland Optima	1	1
Прицеп John Deere 1910	6	3

Из полученных результатов видно, что для обеспечения выполнения сроков посевов в 10 дней при заданном объеме работ, смене 10 ч. и двухсменном режиме хозяйство недостаточно обеспечено сельскохозяйственной техникой. Кроме того, увеличение потребности в технике ведет к увеличению потребности в механизато-

рах (с учетом двухсменного режима). Однако сокращение сроков посева целесообразно в связи с весенними воздушными засухами, случающимися в выбранной зоне, и потерями урожая на уборке при увеличении сроков (в засушливые годы потери урожая особенно значимы, согласно научной литературе, в среднем потери по яровой пшенице составляют от 0,77 % до 1,0 % на каждый день задержки [100]).

4.4. Результаты реализации математической модели и алгоритма выбора альтернативных вариантов технических средств

В результате исследования разработана математическая модель и алгоритм выбора альтернативных вариантов технических средств по совокупности критериев минимума эксплуатационных затрат и минимума механизаторов, представленные в главе «Теоретические предпосылки». На их основе разработана компьютерная программа «АГРОТЕХ», которая входит в состав программного комплекса «ПИКАТ». На «АГРОТЕХ» получено свидетельство о регистрации № 2015663535 от 23.12.2015 г. На «ПИКАТ» получен акт внедрения в ЗАО «Новомайское» от 30.01.2018 и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU C № 2016618502 от 01.08.2016.

4.5. Математическое моделирование вариантов подбора машинно-тракторного парка

Для структуры посевных площадей ЗАО «Новомайское» рассчитаем состав машинно-тракторного парка и оценим полученные результаты с помощью эксплуатационных затрат согласно ГОСТ Р 53056-2008 [24] для трех технологий возделывания сельскохозяйственных культур, представленных выше.

Математическое моделирование осуществлялось с помощью программного ком-

плекса «ПИКАТ» и входящей в его состав компьютерной программы «АГРОТЕХ».

В Таблице 4.8 приведены затраты по культурам для трех технологий: интенсивной на базе отвальной обработки почвы, интенсивной на базе минимальной обработки почвы, нулевой технологии при посеве в 12 дней. Рассчитанный парк машин для этих технологий и парк машин, имеющийся в хозяйстве, представлены в Таблице 4.9.

Таблица 4.8 – Полученные результаты по трем технологиям при сроках посева пшеницы 12 дней

Параметры		Вспашка	Минимальная	No-till
Затраты на ГСМ, тыс. руб.	Пшеница	22365	18075	8095
	Ячмень	1519	1281	562
	Овес	1545	1311	566
	Итого	25429	20667	9223
Оплата труда, тыс. руб.	Пшеница	1265	1001	553
	Ячмень	135	99	64
	Овес	131	102	77
	Итого	1531	1202	693
Амортизация и затраты на техническое обслуживание, тыс. руб.	Пшеница	25002	20131	16443
	Ячмень	1715	1440	971
	Овес	1458	1562	1352
	Итого	28174	23133	18765
Затраты на средства защиты и удобрения, тыс. руб.	Пшеница	113226	113226	113226
	Ячмень	8447	8447	8447
	Овес	8638	8638	8638
	Итого	130311	130311	130311
Затраты на семена, тыс. руб.	Пшеница	39679	39679	39679
	Ячмень	2610	2610	2610
	Овес	2478	2478	2478
	Итого	44766	44766	44766
Затраты всего, тыс. руб.	Пшеница	201537	192111	177995
	Ячмень	14426	13878	12654
	Овес	14250	14092	13110
	Итого	230212	220080	203759

Продолжение таблицы 4.8

Параметры		Вспашка	Минимальная	No-till
Затраты на га, руб.	Пшеница	16132	15377	14248
	Ячмень	15478	14890	13577
	Овес	14952	14787	13756
Себестоимость зерна, руб./т	Пшеница	4956	4724	4377
	Ячмень	4161	4003	3650
	Овес	5359	5300	4931
Число требуемых механизаторов, чел.		18	15	16
Затраты труда, чел.-ч./1000 га		627,6	484,4	350,5
Стоимость парка, тыс. руб.		133507	116172	106035

Таблица 4.9 – Наличие и потребности хозяйства в технике по трем технологиям при сроках посева пшеницы 12 дней

Марка техники, наименование	Наличие в хозяйстве, шт.	Расчетное количество, шт.		
		Вспашка	Минимальная	No-till
Трактор John Deere 9530	1	1	1	1
Трактор John Deere 9430	1	1	1	1
Трактор John Deere 9420	2	2	2	2
Трактор HewHolland	1	1	1	1
Трактор К-744Р3	1	1	1	1
Трактор МТЗ-80 / МТЗ-82	18	10	4	5
Опрыскиватель John Deere 4730	1	1	1	1
Комбайн John Deere 9660 STS	2	1	2	2
Комбайн Claas Lexion 570C	4	3	3	3
Борона БЗГТ-25 Победа	2	2	-	-
Борона БЗГ-24-021	1	1	1	-
Борона БЗСС-1,0	118	60	12	-
Борона ЗБЗС-1,0	84	75	-	-
Борона John Deere Штригель 12 м	1	-	1	-
Борона Штригель 24 м	1	-	1	-
Борона Degelman-24м	1	-	1	-

Продолжение таблицы 4.9

Марка техники, наименование	Наличие в хозяйстве, шт.	Расчетное количество, шт.		
		Вспашка	Минимальная	No-till
Опрыскиватель ОП-2000	1	3	3	3
Опрыскиватель Hardi Navigator 3000	1	1	1	1
Опрыскиватель Amazone UX 5200	1	1	1	1
Посевной комплекс John Deere 730	2	2	2	2
Посевной комплекс John Deere 1895	1	1	1	1
Посевной комплекс Salford	1	1	1	1
Сеялка Amazone DMC 602 Primera	1	1	1	1
Сеялка Kverneland Optima	1	1	1	1
Плуг John Deere 3910	-	4	-	-
Плуг ПЛН-8-35	-	1	-	-
ЛДГ-15А	-	1	-	-
ЛДГ-20А	-	3	-	-
Плуг чизельный John Deere 2410	2	-	4	-

Число требуемых механизаторов для выполнения интенсивной технологии на базе отвальной обработки почвы – 18 чел. Затраты варианта составили: ГСМ – 25429 тыс. руб., оплата труда – 1531 тыс. руб., затраты всего – 230212 тыс. руб., стоимость машинно-тракторного парка – 133507 тыс., из них 55076 тыс. – сельскохозяйственные машины.

Число требуемых механизаторов для интенсивной технологии на базе минимальной обработки почвы – 15 чел. Затраты варианта составили: ГСМ – 20667 тыс. руб., оплата труда – 1202 тыс. руб., затраты всего – 220080 тыс. руб., стоимость машинно-тракторного парка – 116172 тыс. руб., из них 33944 тыс. руб. – сельскохозяйственные машины.

Число требуемых механизаторов для интенсивной технологии на базе нулевой технологии (no-till) – 16 чел. Затраты варианта составили: ГСМ – 9223 тыс. руб., оплата труда – 693 тыс. руб., затраты всего – 203759 тыс. руб., стоимость ма-

шинно-тракторного парка – 106035 тыс. руб., из них 23596 тыс. руб. – сельскохозяйственные машины.

В Таблице 4.10 приведены затраты по культурам для трех технологий: интенсивной на базе отвальной обработки почвы, интенсивной на базе минимальной обработки почвы, интенсивной технологии на базе нулевой (no-till). Рассчитанный парк машин для этих технологий и парк машин, имеющийся в хозяйстве, представлены в Таблице 4.11. Более развернуто результаты расчетов представлены в Приложении Б.

Таблица 4.10 – Полученные результаты по трем технологиям при сроках посева пшеницы 10 дней

Параметры		Вспашка	Минимальная	No-till
Затраты на ГСМ, тыс. руб.	Пшеница	22393	18103	9328
	Ячмень	1537	1306	627
	Овес	1545	1317	647
	Итого	25475	20727	10602
Оплата труда, тыс. руб.	Пшеница	1254	950	784
	Ячмень	111	79	77
	Овес	137	99	81
	Итого	1502	1127	942
Амортизация и затраты на техническое обслуживание, тыс. руб.	Пшеница	24308	19251	17648
	Ячмень	1487	1212	994
	Овес	1832	1549	1385
	Итого	27627	22011	20026
Затраты на средства защиты и удобрения, тыс. руб.	Пшеница	113226	113226	113226
	Ячмень	8447	8447	8447
	Овес	8638	8638	8638
	Итого	130311	130311	130311
Затраты на семена, тыс. руб.	Пшеница	39679	39679	39679
	Ячмень	2610	2610	2610
	Овес	2478	2478	2478
	Итого	44766	44766	44766

Продолжение таблицы 4.10

Параметры		Вспашка	Минимальная	No-till
Затраты всего, тыс. руб.	Пшеница	200861	191208	180664
	Ячмень	14192	13654	12756
	Овес	14629	14080	13229
	Итого	229682	218943	206648
Затраты на га, руб.	Пшеница	16078	15305	14461
	Ячмень	15227	14651	13686
	Овес	15351	14775	13881
Себестоимость зерна, руб./т	Пшеница	4939	4702	4443
	Ячмень	4093	3938	3679
	Овес	5502	5296	4975
Затраты труда, чел.-ч./1000 га		717	512,3	441,7
Число требуемых механизаторов, чел.		17	14	19
Стоимость парка, тыс. руб.		148218	135627	133939

Таблица 4.11 – Наличие и потребности хозяйства в технике по трем технологиям при сроках посева пшеницы 10 дней

Марка техники, наименование	Наличие в хозяйстве, шт.	Расчетное количество, шт.		
		Вспашка	Минимальная	No-till
Тракторы John Deere	4	6	6	6
Трактор HewHolland	1	-	-	1
Трактор К-744Р3	1	1	1	1
Трактор МТЗ-80 / МТЗ-82	18	5	5	5
Опрыскиватель John Deere 4730	1	1	1	1
Комбайн John Deere 9660 STS	2	1	2	2
Комбайн Claas Lexion 570C	4	3	3	3
Борона БЗГТ-25 Победа	2	3	2	2
Борона БЗГ-24-021	1	1	1	1
Борона John Deere Штригель 12 м	1	-	-	-
Борона Штригель 24 м	1	-	-	-
Борона Degelman-24м	1	-	2	2

Продолжение таблицы 4.11

Марка техники, наименование	Наличие в хозяйстве, шт.	Расчетное количество, шт.		
		Вспашка	Минимальная	No-till
Борона ЗБЗС-1,0	84	75	-	-
Опрыскиватель ОП-2000	1	4	4	5
Опрыскиватель Hardi Navigator 3000	1	1	1	1
Опрыскиватель Amazone UX 5200	1	1	1	1
Посевной комплекс John Deere 730	2	1	1	2
Посевной комплекс John Deere 1895	1	3	3	2
Посевной комплекс Salford	1	-	-	1
Сеялка Amazone DMC 602 Primera	1	1	1	1
Сеялка Kverneland Optima	1	1	1	-
Плуг John Deere 3910	-	4	-	-
Плуг Kverneland RX 100	1	2	-	-
ЛДГ-15А	-	1	-	-
ЛДГ-20А	-	3	-	-
Плуг чизельный John Deere 2410	2	-	4	-

Число требуемых механизаторов для выполнения интенсивной технологии на базе отвальной обработки почвы – 17 чел. Затраты варианта составили: ГСМ – 25475 тыс. руб., оплата труда – 1502 тыс. руб., затраты всего – 229682 тыс. руб., стоимость машинно-тракторного парка – 148218 тыс., из них 58675 тыс. – сельскохозяйственные машины.

Число требуемых механизаторов для интенсивной технологии на базе минимальной обработки почвы – 14 чел. Затраты варианта составили: ГСМ – 20727 тыс. руб., оплата труда – 1127 тыс. руб., затраты всего – 218943 тыс. руб., стоимость машинно-тракторного парка – 135627 тыс. руб., из них 41020 тыс. руб. – сельскохозяйственные машины.

Число требуемых механизаторов для нулевой технологии (no-till) – 19 чел. Затраты варианта составили: ГСМ – 10602 тыс. руб., оплата труда – 942 тыс. руб., затраты всего – 206648 тыс. руб., стоимость машинно-тракторного парка –

133939 тыс. руб., из них 31430 тыс. руб. – сельскохозяйственные машины.

На рисунках 4.1-4.3 представлено сравнение затрат в зависимости от продолжительности сроков посева пшеницы.

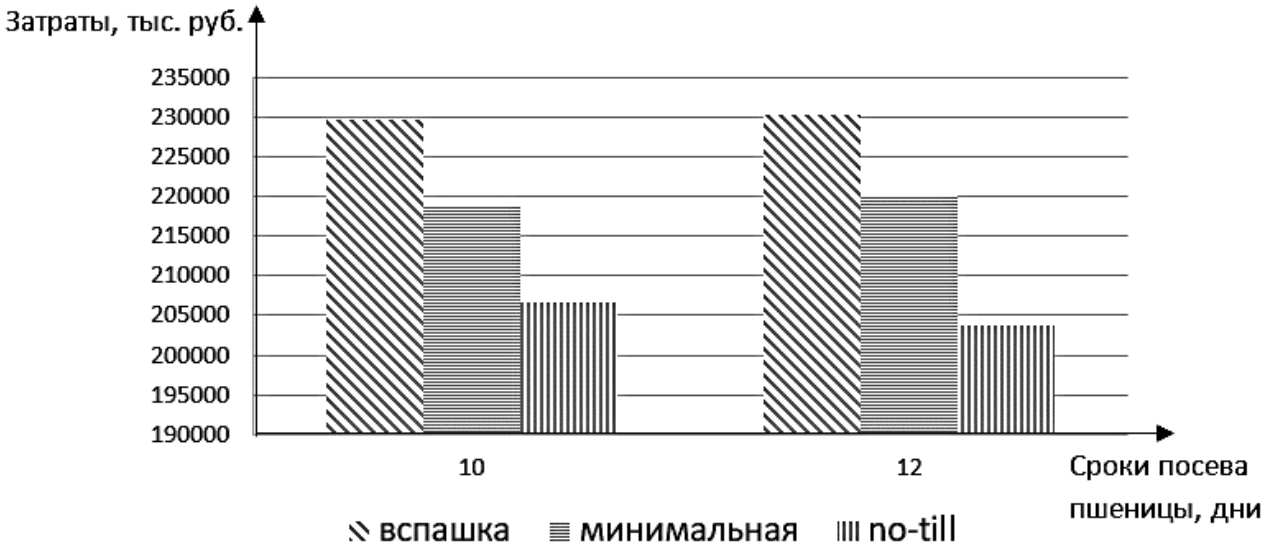


Рисунок 4.1 – Затраты по трем технологиям при посеве пшеницы 10 и 12 дней

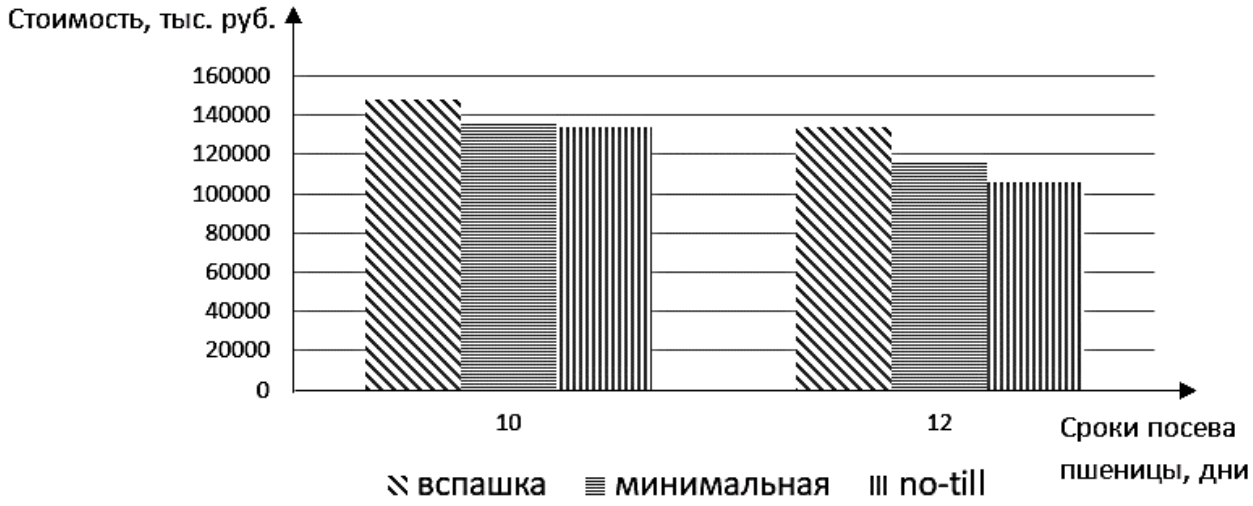


Рисунок 4.2 – Стоимость парка по трем технологиям при посеве пшеницы 10 и 12 дней

На примере рассматриваемого хозяйства меньшие затраты денежных средств, стоимость парка и затраты труда были получены при no-till-технологии, наибольшие затраты – при технологии на базе отвальной обработке почвы.

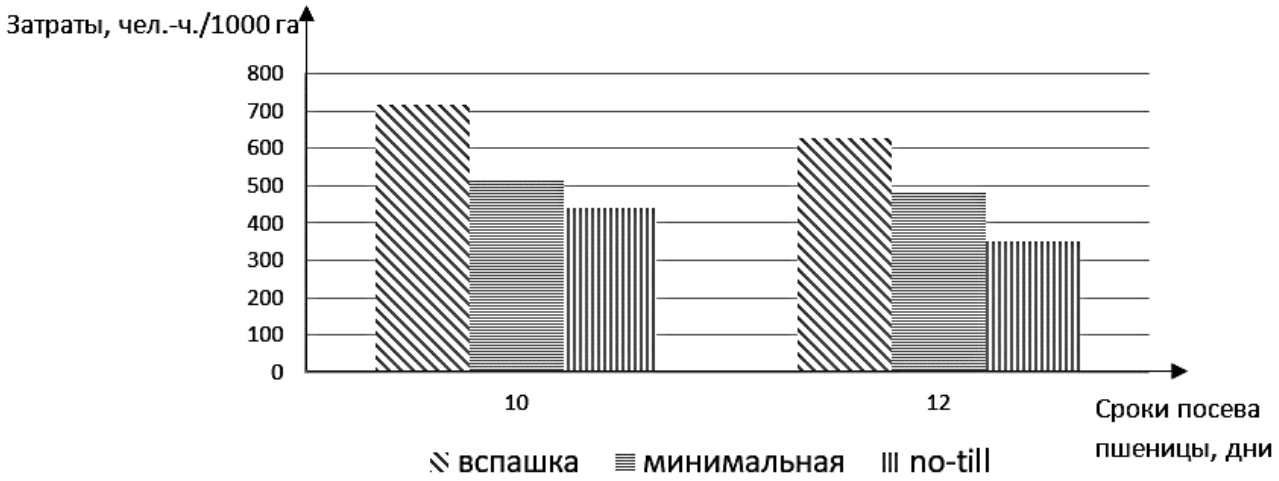


Рисунок 4.3 – Затраты труда по трем технологиям при посеве пшеницы 10 и 12 дней

Затраты денежных средств при десятидневном сроке посева в среднем отличаются на 0,7 %, затраты труда при посеве в 10 дней на 15,3 % выше, чем при посеве в 12 дней, стоимость парка выше на 18 %.

При десятидневном сроке посева пшеницы затраты труда на выполнение интенсивной технологии на базе вспашки по пшенице на 25,9 % выше, чем на базе минимальной обработки почвы, и на 40 % выше, чем при no-till; по ячменю – на 30,1 % выше в сравнении с технологией на базе минимальной обработке почвы и на 32,1 % выше no-till; по овсу – на 29 % выше, чем на базе минимальной обработки почвы, и на 42,5 % выше, чем на no-till.

Наименьшая себестоимость зерна получена при применении интенсивной технологии no-till, наибольшая – при интенсивной технологии на основе вспашки. При этом в сравнении с интенсивной технологией на базе отвальной обработки почвы себестоимость зерна по минимальной технологии у пшеницы меньше на 4,8 %, ячменя – на 3,8 %, овса – на 3,8 %, по no-till у пшеницы меньше на 10 %, ячменя – на 10,1 %, овса – на 9,6 %.

Интенсивная технология на базе отвальной обработки почвы требует наибольшего человеческого ресурса в сравнении с двумя другими технологиями и из-за необходимости приобретения плугов высокой производительности для обработки имеющихся площадей – дополнительных капиталовложений. Интенсивная

технология на базе минимальной обработки почвы и технологии no-till требуют меньшего числа квалифицированных механизаторов, причем их число несколько выше при no-till, а затраты труда ниже (Таблица 4.10), что свидетельствует о пиковой занятости работников и их неравномерном распределении на работах.

Расчетные варианты технических средств, необходимых для выполнения полевых работ по трем технологиям, наличие техники в ЗАО «Новомайское» представлены в Таблице 4.11. При сравнении потребности в технической оснащенности хозяйства на примере рассматриваемых технологий видно, как меняется структура машинно-тракторного парка. Проведенные расчеты свидетельствуют, что интенсивная технология возделывания зерновых культур на базе вспашки требует большего числа техники, что связано с необходимостью выполнения весенних и осенних полевых работ по подготовке почвы к посеву. Потребности в тракторах марок John Deere, K-700 и New Holland по технологиям одинакова, за исключением no-till, где необходимо привлечь дополнительный агрегат для выполнения весенних работ по уходу за посевами, когда возникает пик потребности в технике. При этом технологии на базе вспашки и минимальной обработки почвы требуют включения в состав машинно-тракторного парка плугов, стоимость которых оказывает существенное влияние на общую стоимость парка. Различный структурный состав машинно-тракторного парка дает и разную потребность в механизаторах (Таблица 4.10), что объясняется дополнительными работами, связанными с технологическими операциями.

Стоимость парка машин для интенсивной технологии на базе минимальной обработки почвы на 8,5 % меньше, по no-till – 9,6 %. Стоимость сельскохозяйственных машин по интенсивной технологии на базе вспашке составляет 39,6 % от стоимости парка, по минимальной – 30,2 %, по no-till – 23,5 %. Это значит, что при дефиците трудовых ресурсов и технической базы целесообразно выбирать интенсивную технологию на базе минимальной обработки почвы или no-till при наличии необходимой техники. Это подтверждает наши предположения, что выбор вариантов технических средств должен проводиться в альтернативных вариантах в зависимости от ресурсного обеспечения конкретных сельхозпредприятий и их природно-производ-

ственных условий. Таким образом, чтобы построить стратегию ведения хозяйственной деятельности при выполнении полевых работ, необходимо учитывать ресурсную обеспеченность хозяйства техникой и квалифицированными механизаторами.

4.6. Выводы

1. На основе анализа данных хозяйств Новосибирской области выбрано представительское хозяйство ЗАО «Новомайское» и представлены данные, необходимые для выполнения расчетов: структура посевных площадей, имеющиеся технические средства и обслуживающий персонал.

2. Определено, что в результате математического моделирования вариантов подбора машинно-тракторного парка в сравнении с интенсивной технологией на базе отвальной обработки почвы себестоимость зерна по минимальной технологии в среднем по зерновым меньше на 4,1 %, по no-till – на 9,9 %.

3. Получена рассчитанная стоимость парка, которая для интенсивной технологии на базе минимальной обработки почвы меньше на 8,5 % в сравнении с технологией на базе вспашки, по no-till – на 9,6 % меньше. Интенсивная технология на базе минимальной обработки почвы и no-till требуют меньшего числа квалифицированных механизаторов, однако затраты труда на выполнение данной технологии по пшенице на 25,9 % выше, чем на базе минимальной обработки почвы, и на 40 % выше, чем при no-till; по ячменю – на 30,1 % выше в сравнении с технологией на базе минимальной обработке почвы и на 32,1 % выше no-till; по овсу – на 29 % выше, чем на базе минимальной обработки почвы, и на 42,5 % выше, чем на no-till. Таким образом, чтобы построить стратегию ведения хозяйственной деятельности в южно-лесостепной зоне Новосибирской области при выполнении полевых работ, необходимо учитывать техническое и технологическое обеспечение возделывания зерновых культур в зависимости от ресурсного потенциала сельскохозяйственного предприятия, что подтверждается нашими расчетами.

ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экономическая эффективность – это соотношение между полученными результатами и затратами на их осуществление, т.е. рентабельность производства. В качестве результатов может рассматриваться прибыль, получаемая от реализации произведенной продукции, или валовый внутренний доход. Прибыль – это одна из форм дохода, выражающая положительную разницу между суммарными доходами и затратами на производство продукции. В наших расчетах для оценки результатов исследования будем использовать прибыль, в качестве затрат в исследовании рассматривать себестоимость продукции, рассчитанную из эксплуатационных затрат. Таким образом, экономический эффект результатов исследований будем оценивать по показателям прибыльности рассчитанных вариантов технологий возделывания зерна.

Для расчета прибыли будем использовать следующее выражение:

$$П = В - С, \tag{5.1}$$

где $П$ – прибыль от реализации продукции производства зерна, руб.;

$В$ – выручка от реализации продукции производства зерна, руб.;

$С$ – себестоимость продукции производства зерна, руб.

Когда выручка превышает себестоимость, финансовый результат свидетельствует о получении прибыли. Выручка, в свою очередь определяется формулой:

$$В = Ц \cdot О, \tag{5.2}$$

где $Ц$ – цена реализации продукции производства зерна, руб./т;

$О$ – объем реализации продукции производства зерна, т.

Прибыль от реализации зависит от нескольких факторов: объема реализации продукции, себестоимости и уровня цен реализации.

Рентабельность производства будем оценивать по формуле:

$$Ур = \frac{П}{С} \cdot 100, \tag{5.3}$$

где *Ур* – уровень рентабельности, %.

Средняя урожайность зерновых: пшеницы – 3,5 т/га; ячменя – 4,0 т/га; овса – 3,0 т/га. Для определения выручки от реализации зерновой продукции производства зерна использована средняя цена пшеницы, ячменя и овса за 2017 год, согласно исследованиям рынка экспертно-аналитического центра агробизнеса «АБ-Центр» и данным Росстата [101-104]. Данные по цене и объему реализации зерна приведены в Таблице 5.1 с учетом табличного коэффициента усушки 7 % (взята исходная влажность зерна 20 % и 14 % итоговая).

Таблица 5.1 – Данные для расчета выручки от реализации зерна

Культура	Средняя цена за 2017 год, руб./т	Объем реализации продукции, т
Пшеница	8400	40665
Ячмень	6900	3467
Овес	5774	2659

Выручка от реализации зерна тогда составит для пшеницы составит: 341583606 руб., для ячменя – 23922576 руб., для овса – 15352315 руб.

Полученная в результате расчетов, представленных в предыдущей главе, по интенсивной технологии на базе отвальной обработки почвы себестоимость за пшеницу составила 200860656 руб., ячменя – 14192000 руб., овса – 14629228 руб. Себестоимость по интенсивной технологии на базе минимальной обработки почвы за тонну для пшеницы составила 191208129 руб., для ячменя – 13654465 руб., для овса – 14080440 руб. Полученная себестоимость пшеницы по no-till составила 180663671 руб., ячменя – 12755591 руб., овса – 13229026 руб.

Прибыль от реализации зерновой продукции, посчитанная согласно формуле (5.1), для интенсивной технологии на базе отвальной обработки, минимальной обработки почвы и no-till представлены в Таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Прибыль от реализации продукции растениеводства

Культура	Прибыль, руб.		
	Вспашка	Минимальная	No-till
Пшеница	140722950	150375477	160919935
Ячмень	9730576	10268111	11166985
Овес	723087	1271876	2123289

Уровень рентабельности производства продукции зерна, посчитанный согласно формуле (5.3), для интенсивной технологии на базе отвальной обработки, минимальной обработки почвы и no-till представлен в Таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Уровень рентабельности производства продукции растениеводства

Культура	Уровень рентабельности, %		
	Вспашка	Минимальная	No-till
Пшеница	70,1	78,6	89,1
Ячмень	68,6	75,2	87,5
Овес	4,9	9,0	16,1

Таким образом, более рентабельно производство продукции зерна по технологии no-till. В среднем по зерновым ее рентабельность превышает рентабельность технологии на базе вспашке в 1,3 раза, а рентабельность минимальной обработки почвы по пшенице – в 1,2 раза. Однако одних лишь экономических показателей недостаточно, чтобы выбирать технологии для того или иного хозяйства, также необходимо учитывать имеющийся парк и наличие квалифицированных механизаторов. В условиях ограничения этих ресурсов потребуются дополнительные вложения средств на приобретение новой высокопроизводительной техники или привлечению дополнительных квалифицированных работников, оплата труда которых будет влиять на экономические показатели.

Согласно научным данным по потери урожая при уменьшении сроков посева

по яровой пшенице (0,77-1,0 % в день) [100] недополучение урожая ЗАО «Новомайское» составляет 357,8-464,7 т при посеве в 12 дней (при средней урожайности за 2013-2019 гг. – 2 т/га). Таким образом, при нормальном уровне интенсификации и сроках посева в 12 дней недополученный хозяйством доход составляет в среднем 3455 тыс. руб. (3006-3904 тыс. руб. в зависимости от коэффициента потерь). При переходе на интенсивный уровень и получении урожайности порядка 3,5 т/га хозяйством может быть получен дополнительный доход в среднем 6046 тыс. руб. (5260-6832 тыс. руб. в зависимости от коэффициента потерь), или 626,2-813,3 т дополнительной продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ сельскохозяйственных предприятий показал, что наибольший вклад в зерновое производство Новосибирской области (42,9 %) вносят средние по размерам сельскохозяйственных угодий (3000-7000 га), и крупные предприятия с площадью пашни свыше 7000 га (их доля составляет 41,2 %). ЗАО «Новомайское» Краснозерского района с площадью пашни 20529 га, посевной площадью 18490 га, из них 67,6 % – яровая пшеница, яровой овес – 5,2 %, яровой ячмень – 5 %, выбрано в качестве представительского хозяйства для моделирования вариантов подбора машинно-тракторного парка.

2. Выявлено, что оценку технологий и подбор оптимальной структуры машинно-тракторного парка следует проводить по экономическим критериям, учитывая своевременность выполнения технологических операций, качественный и количественный состав механизаторов.

3. Разработан метод обоснования структуры машинно-тракторного парка, основанный на критериях минимума прямых эксплуатационных затрат и минимума механизаторов, ограничениях по агротехническим срокам выполнения сельскохозяйственных работ и объемам работ при возделывании зерновых культур в южно-лесостепной зоне Новосибирской области.

4. Разработана математическая модель и алгоритм выбора технического обеспечения по совокупности критериев возделывании зерновых культур, которые предусматривают минимум прямых эксплуатационных затрат и минимум механизаторов при выполнении агротехнических сроков сельскохозяйственных работ и позволяют получать альтернативные варианты технических средств в зависимости от ресурсного обеспечения, что отличает их разработанных ранее. Математическая модель и алгоритм реализованы в виде компьютерной программы, на которую получено свидетельство ОИС и акт внедрения.

5. Выявлена взаимосвязь в обеспеченности возделывания зерновых культур

квалифицированными механизаторами, техническими средствами и технологическим обеспечением возделывания зерновых культур в южно-лесостепной зоне Новосибирской области. Установлено, что при равных значениях урожайности в сравнении с интенсивной технологией на базе отвальной обработки почвы себестоимость зерна интенсивной технологии на базе минимальной обработки почвы в среднем по зерновым меньше на 4,1 %, по no-till – на 9,9 % меньше; затраты труда, выраженные в чел.-ч./1000 га, меньше на 28,5 % и 38,4 % соответственно.

6. Произведена оценка экономической эффективности рассчитанных вариантов технических средств для интенсивных технологий на базе отвальной обработки почвы, минимальной обработки почвы и нулевой технологии (no-till) для возделывания зерновых культур в южно-лесостепной зоне Новосибирской области по показателю рентабельности. Получены расчетно-теоретические результаты с экспериментальным подтверждением и экономическим обоснованием целесообразности применения компьютерной программы при выборе технологий и технического обеспечения. Полученный экономический эффект составил 6046 тыс. руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каличкин, В.К. Системы земледелия и агротехнологий в Новосибирской области: руководство / В.К. Каличкин [и др.]; под общ. ред. В.К. Каличкина. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2016. – 232с.

2. Кирюшин, В.И. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / В.И. Кирюшин, А.Н. Власенко [и др.]; под общ. Ред. В.И. Кирюшина, А.Н. Власенко. – Новосибирск: РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибНИИЗХим, 2002. – 388 с.

3. Мугако, А.Л. Природа Новосибирской области: популярный географический очерк / А. Л. Мугако. – Новосибирск, 2008. – 40с.

4. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области. – Новосибирск: РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибНИИЗХим, 1994. – 216 с.

5. Докин Б.Д. Методика обоснования зональной системы ресурсосберегающих машинных агротехнологий и машин для производства основных видов продукции растениеводства: методическое пособие / Б.Д. Докин, В.Л. Мартынова, О.В. Ёлкин. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. – 42 с.

6. Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: сборник докладов X международной научно-практической конференции (16-17 сентября 2008 г., г. Углич) Часть 1 / ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, ФГНУ «Росинформагротех». – М., 2008. – 494 с.

7. Якушев, В.П. На пути к точному земледелию / В.П. Якушев. – СПб.: ПИЯФ РАН, 2002. – 458 с.

8. Качество и точность сельскохозяйственных процессов: материалы международного семинара по прецизионным методам ведения сельского хозяйства. (23-28 сентября 2007 г., Новосибирск) / М-во сел. хоз-ва РФ, Администрация Новосиб. обл., Новосиб. гос. аграр. ун-т [и др.]; под общ. ред. Г.А. Ноздрин. – Новосибирск, 2008. – 143 с.

9. Черкасов, Г.Н. Методика проектирования базовых элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия / Г.Н. Черкасов [и др.]. – М.: Россельхозакадемия, 2010. – 85 с.

10. Ткаченко, В.В. Методика многокритериальной комплексной оценки и выбора технологии возделывания сельскохозяйственных культур / В.В. Ткаченко, Н.А. Ткаченко, В.В. Сафьянова // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – №123 (09). – С. 1639–1657.

11. Жалнин, Э.В. К дискуссии о методике оценки экономической эффективности сельскохозяйственной техники / Э.В. Жалнин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – Москва, 2013. – № 3. – С. 3–9.

12. Орсик, Л.С. Методологические основы и стратегия организации технического обеспечения сельскохозяйственного производства / Л.С. Орсик. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 196 с.

13. Шпилько, А.В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники: Утв. Минсельхозпродом РФ от 23.07.1997 г. / А.В.Шпилько, В.И. Драгайцев, П.Ф. Тулапин [и др.]. – Ч.1. – М.: ГП УСЗ Минсельхозпрома России, 1998. – 219 с.

14. Драгайцев, В.И. Методики экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве / В.И.Драгайцев, Н.М.Морозов, К. И. Алексеев [и др]. – М.: ВНИИЭСХ, 2010. – 147 с.

15. Драгайцев, В.И. О методике экономической оценки сельскохозяйственной техники./ В.И. Драгайцев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – Москва, 2013. – № 3. – С. 15–19.

16. Власенко, А.Н. Экономические аспекты минимизации основной обработки почвы / А.Н. Власенко, И.Н. Шарков, Л.Н. Иодко // Земледелие. – 2006. – №4. – С. 18–20.

17. Юшкевич, Л.В. Эффективность агротехнологий возделывания ячменя в лесостепных агроландшафтах Западной Сибири / Л.В. Юшкевич, В.Г. Холмов, В.Л. Ершов // Вестник Омского Государственного Аграрного Университета. – 2012. – № 1(5). – С. 15–17.

18. Сурин, Н.А. Стратегия ведения земледелия и растениеводства в Красноярском крае / Н.А. Сурин, Ю.Ф. Едимеичев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2004. – № 4. – С. 57–61.

19. Холмов, В.Г. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири: монография / В.Г. Холмов, Л.В. Юшкевич. – Омск : Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. – 396 с.

20. Ленский, А. В. Анализ методов экономической оценки вариантов технического оснащения предприятий и использования МТП в отрасли растениеводства / А.В. Ленский, И.М. Хасеневич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. научн. – техн. конф. / РУП «НЦП НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Т. 3. – С. 173–180.

21. Саклаков, В.Д. Технико-экономическое обоснование выбора средств механизации / В.Д. Саклаков, М.П. Сергеев. – М: Колос, 1973. – 200 с.

22. Докин, Б.Д. Механизм «обратной связи» при оптимизации состава МТП и сроков проведения полевых работ / Б.Д. Докин // Методические принципы оценки системы машин для комплексной механизации растениеводства и животноводства. – Новосибирск: НТБ СибИМЭ СО ВАСХНИЛ, 1977. – Вып. 3. – С. 11–16.

23. Докин, Б.Д.Техническое обеспечение сроков проведения полевых работ в условиях Сибири / Б.Д. Докин, О.В. Ёлкин, Е.А. Лапченко, С.П. Исакова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – Новосибирск, 2014. – № 2. – С. 60–64.

24. ГОСТ Р 53056-2008 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Стандартинформ, 2009. – 20 с.

25. Киртбая, Ю.К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка / Ю.К. Киртбая. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Колос, 1982. – 319 с.

26. Пильщиков, Л.М. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка / Л.М. Пильщиков. – М.: Колос, 1976. – 272 с.

27. Антошкевич, В.С. Экономический анализ при проектировании сельскохозяйственных машин: автореф. дис. … д-ра эк. наук: 08.00.00 / Антошкевич Виктор Степанович. – Москва, 1970. – 40 с.

28. Хабатов, Р.Ш. Методика определения оптимальной структуры и рациональной организации использования машинно-тракторного парка / Р.Ш. Хабатов. – Выпуск 1, ВЦ Госплана УССР, – Киев, 1966. – 68 с.

29. Бейлис, В.М. Продолжительность проведения механизированных полевых сельскохозяйственных работ / В.М. Бейлис. – М.: Издательство ВИМ, 2005. – 164 с.

30. Докин, Б.Д. Техногогическая и техническая политика модернизации растениеводства Сибири / Б.Д. Докин, О.В. Ёлкин, Е.А. Лапченко, С.П. Исакова // Сельскохозяйственные машины и технологии. – ВИМ, 2014. – № 4. – С. 38–42.

31. Хабатов, Р.Ш. Прогнозирование оптимальных параметров агрегатов и состава машинно-тракторного парка / Р.Ш. Хабатов. – Киев: УкрНИИНТИ, 1969. – 75 с.

32. Лачуга, Ю.Ф. К вопросу актуальности методики оценки экономической эффективности сельскохозяйственной техники в условиях рыночной экономики / Ю.Ф. Лачуга // Сельскохозяйственные машины и технологии. – Москва, 2013. – № 3. – С. 2.

33. Кушнарёв, Л.И. Проблемы развития машинно-технологических станций / Л.И. Кушнарёв // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2013. – № 5. – С. 49–51.

34. Попов, В.Д. Технологическая модернизация – основа инновационного развития АПК Северо-западного региона России / В.Д. Попов, Д.А. Максимов, Ю.Л. Морозов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – Москва, 2012. – № 4. – С. 19–22.

35. Кушнарёв, Л.И. К повышению эффективности использования машинно-тракторного парка предприятий АПК / Л.И. Кушнарёв // АгроСнабФорум, 2017. – № 5 (135). – С. 66–67.

36. Докин, Б.Д. Технологическая и техническая политика модернизации растениеводства Сибири / Докин, О.В. Ёлкин, Е.А. Лапченко, С.П. Исакова // Сельскохозяйственные машины и технологии. – Москва, 2014. – № 4. – С. 38–42.

37. Мининзон, В.И. Влияние критерия оптимальности тракторного парка на его состав / В.И. Мининзон // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – Москва, 2002. – №4. – С. 23–24.

38. Булавский, В.А. Методика расчета оптимальной структуры машинно-тракторного парка / В.А. Булавский [и др.] // Определение состава машинно-тракторного парка с использованием математического, программирования. – М.: Колос, 1968. – С. 43–52.

39. Павлов, Б.В. Проектирование комплексной механизации сельскохозяйственных предприятий / Б.В. Павлов, П.В. Пушкарева, П.С. Щеглов. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Колос, 1982. – 288 с.

40. Финн, Э.А. Метод расчета оптимального машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий на электронных вычислительных машинах / Э.А. Финн, В.В. Шкурба, Л.Н. Комзанова // Определение состава машинно-тракторного парка с использованием математического, программирования. – М.: Колос, 1966. – С. 25–42.

41. Финн, Э.А. Математические методы в расчетах использование сельскохозяйственной техники / Э.А. Финн. – Москва, 1969. – 69 с.

42. Финн, Э.А. К задаче расчета оптимального машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия: материалы научных семинаров по теоретическим и прикладным вопросам кибернетики / Э. А. Финн, В. В. Шкурба. – Вып. 7. – Киев, 1963. – 38 с.

43. Жак, С.В. Математические вопросы выбора оптимальной системы сельскохозяйственных машин / С.В. Жак // Определение состава машинно-тракторного парка с использованием математического программирования. – М.: Колос, 1966. – С. 142–147.

44. Хабатов, Р.Ш. Оптимизация состава МТП по энергетическим и стоимостным критериям / Р.Ш. Хабатов, В.К. Осадчий // Оптимизация МТП. – Москва, 1990. – С. 22–29.

45. Пронин, В.М. Методика оценки технико-экономических показателей сельскохозяйственной техники по критерию часовых эксплуатационных затрат / В.М. Пронин, В.А. Прокопенко // Сельскохозяйственные машины и технологии. – Москва, 2013. – № 3. – С. 10–14.

46. Жукевич, К.И. Совместная оптимизация состава машинно-тракторного парка и потребности в кадрах / К.И. Жукевич // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – Москва, 1974. – №11. – С. 3–5.

47. Докин, Б.Д. Методика исчисления дифференциальных затрат при оптимизации параметров МТА и состава МТП хозяйств с учетом особенностей Сибири / Б.Д. Докин // Труды СибИМЭ СО ВАСХНИЛ. – Вып. 12. – Ч. 2. – Новосибирск, 1976. – С. 180–193.

48. Канторович, Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов / Л.В. Канторович. – М.: АН СССР, 1959. – 347 с.

49. Журавлев, Г.Е. Определение состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий / Г.Е. Журавлев, В.Г. Лобань // Определение состава машинно-тракторного парка с использованием математического программирования. – М.: Колос, 1966. – С. 53–56.

50. Журавлев, Г.Е. Оптимальное планирование использования сельскохозяйственной техники / Г.Е. Журавлев [и др.] //Вестник сельскохозяйственной науки. – 1964. – № 10. – С. 123–130.

51. Борисевич, И.В. Экономико-математическая модель и алгоритмы расчета оптимального состава МТП / И.В. Борисевич [и др.] // Оптимальное планирование машинно-тракторного парка. – Киев, 1968. – С. 31–35.

52. Любимцев, А.Г. Совершенствование комплектования и разработка рекомендаций по использованию МТП на базе информационно-вычислительной системы: дис. … канд. техн. наук: 05.20.03 / Любимцев Анатолий Герасимович. – Новосибирск, 1988. – 150 с.

53. Еникеев, В.Г. Критерии и методы оценки технической оснащенности растениеводства и качества работы агрегатов с учетом вероятностной природы условий их функционирования: дис. … д-ра техн. наук: 05.20.01 / Еникеев Виль Гумерович. – Ленинград, Пушкин, 1983. – 421 с.

54. Липкович, Э.И. Методические основы проектирования и реализации региональных механизированных технологий и систем машин для производства продукции растениеводства / Э.И. Липкович, Ю.И. Бершицкий. – Зерноград, 1995. – 89 с.

55. Мининзон, В.И. Методика оптимизации перспективной структуры парка тракторов в сельском хозяйстве / В.И. Мининзон, А.В. Тюленев // Науч. тр. НАТИ. – Вып. 238. –1975.– С.3–9.

56. Булавский, В.А. Методика расчета оптимальной структуры машинно-тракторного парка с использованием математического программирования. Определение состава машинно-тракторного парка с использованием математического программирования / В.А. Булавский [и др.]. – М.: Колос, 1966. – 135 с.

57. Кухарев, О.Н. Применение экономико–математических моделей для создания оптимальной структуры машинно–тракторного парка в сельском хозяйстве / О.Н. Кухарев, И.В. Гнусарев, Д.А. Ясавкин // Нива Поволжья. – 2012. – № 4 (25). – С. 121–125.

58. Лайко, Д.В. Применение функционально–стоимостного анализа при формировании машинно–тракторных парков сельскохозяйственных производителей / Д.В.Лойко // Вестник НГИЭИ. – 2011. – № 2 (3). – Т. 2. – С. 138–142.

59. Небавский, В. А. Машинно–технологическое обеспечение ресурсосберегающих процессов нулевой обработки почвы: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.20.01 / Валерий Андреевич Небавский; КГАУ. – Краснодар, 2004г. – 46 с.

60. Кульнев, О.С. Информационное обеспечение управления формированием машинно–тракторного парка хозяйствующих субъектов аграрной сферы: автореф. дис. … д-ра эк. наук: 08.00.05 / Олег Сергеевич Кульнев; Воронежский ГАУ. – Воронеж, 2012. – 24 с.

61. Бурьянов, А.И. Методика оценки экономической эффективности уборки зерновых культур очесом в условиях дефицита комбайнового парка / А.И Бурьянов, М.А. Бурьянов, Ю.О. Горячев // Техника и оборудование для села. – 2014. – №10 (208). – С. 32–36.

62. Бондаренко, В.В. Развитие научно–технического прогресса в растениеводстве: автореф. дис. … д-ра эк. наук: 08.00.05 / Валерий Владимирович Бондаренко; КубГАУ. – Краснодар, 2007. – 42 с.

63. Докин, Б.Д. Зональная система машин для комплексной механизации растениеводства в рамках агропромышленного комплекса (на примере Западной Сибири): дис. … д-ра техн. наук: 05.20.01 / Докин Борис Дмитриевич. – Новосибирск, 1983. – 351 с.

64. Докин, Б.Д. Определение уровня технической оснащенности полевых работ / Б.Д. Докин, Л.И. Климова // Механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства в условиях Сибири: науч. тр. – Новосибирск, 1980. – С. 21–24.

65. Лачуга, Ю.Ф. Тракторный парк – базовый ресурс механизированного сельхозпроизводства / Ю.Ф. Лачуга, В.М. Кряжков, В.Г. Шевцов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – Москва, 2012. – №6. – С. 4–11.

66. Храмцов, И.Ф. Инновационные агротехнологии – основа увеличения производства зерна в западной Сибири / И.Ф. Храмцов // Сохранение и развитие агрохимического наследия академика Д.Н. Прянишникова в Сибири: материалы VII междунар. науч.-практ. конф. (Кяхта, Республика Бурятия, 27-31 июля 2015 г.). Ч.1. – Новосибирск, 2015. – С 46–53.

67. Лачуга, Ю.Ф. Сельскохозяйственному производству – новые знания / Ю.Ф. Лачуга // Сельскохозяйственные машины и технологии. – Москва, 2011. – № 3. – С. 3–8.

68. Блынский, Ю.Н. Методические подходы к выбору технологий и технических средств при производстве зерна в условиях Сибири / Ю.Н. Блынский [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – №2 (249). – С. 105–109.

69. Разработать системы экологически безопасных машинных технологий и технических средств нового поколения для устойчивого производства продукции растениеводства в основных почвенно-климатических зонах Сибири: отчет о НИР / СибИМЭ СФНЦА РАН. – Новосибирск, 2018.

70. Семенов, С.А. Особенности реализации и перспективы применения технологий цифрового земледелия в АПК / С.А. Семенов, С.А. Васильев, И.И. Максимов // Вестник Чувашской ГСХА. – 2018. – № 1. – С. 69–76.

71. Концепция программы машинно-технологической модернизации агропромышленного комплекса Новосибирской области до 2025 года / СибИМЭ СФНЦА РАН. – Краснообск, 2017. – 27 с.

72. Беляев, В.И. Урожайность яровой мягкой пшеницы в зависимости от сорта и дозы внесения удобрений / В.И. Беляев, Л.В. Соколова // Вестник АлтГАУ. – 2012. – № 12 (98). – С. 21–24.

73. Лачуга, Ю.Ф. Научно-техническая модернизация для качественного производства сельскохозяйственной продукции / Ю.Ф. Лачуга // Зернобобовые и крупяные культуры. №3(23). – 2017. – С. 10–14.

74. Соколов, В.В. К вопросу об оценке влияния продолжительности выполнения механизированных полевых работ на сбор урожая / В.В. Соколов // Вестник Алт ГАУ. – 2003. – №1. – С. 9–13.

75. Шарков, И.Н. Проблемы интенсификации технологий возделывания зерновых культур в Сибири / И.Н. Шарков // Инновации и продовольственная безопасность. – 2016. – №1 (11). – С. 24–32.

76. Бейлис, В.М. Оценка материально-технических ресурсов технологий производства сельскохозяйственных культур / В.М. Бейлис // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2017. – №3. – С. 39–44.

77. Табаков, П.А. Минимизация потерь урожая при недостатке техники / П.А. Табаков // Труды ГОСНИТИ. – 2012. – Т. 109. – № 1. – С. 43–48.

78. Edwards, W. Estimating farm machinery costs. Ag Decision Maker [Электронный ресурс] / W. Edwards // Iowa State University Extension and outreach. 2015. URL: https://www.extension.iastate.edu/agdm/crops/pdf/a3-29.pdf.

79. Глечикова, Н.А. Определение нормативной потребности региона в колесных и гусеничных тракторах / Н.А. Глечикова // Техника и оборудование для села. – 2011. – №11. – С. 35–39.

80. Бородина, Е.Н. Повышение эффективности использования техники ее интеграцией в К(Ф)Х / Е.Н. Бородина // Техника и оборудование для села. – 2011. – №11. – С. 43–45.

81. Пушкарёва, П.В. Применение вычислительных машин для расчёта потребности колхозов и совхозов в технике / П.В. Пушкарёва, Л.Ф. Шкредова, Т.И. Максимова // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1963. – № 2. – С. 3–5.

82. Докин, Б.Д. Современные представления об оптимизации состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий / Б.Д. Докин, О.В. Ёлкин, В.Л. Мартынова, Ю.Н. Блынский // Научная жизнь. – 2016. – № 6. – С. 28-36.

83. Докин, Б.Д. Информационные технологии для оптимизации структуры машинно-тракторного парка сельхозпредприятия / Б.Д. Докин, О.В. Ёлкин // Ползуновский вестник. – 2014. – № 4. – С. 191-193.

84. Докин, Б.Д. Методика проектирования состава МТП с помощью метода сквозного просмотра вариантов годовых комплексов полевых работ / Б.Д. Докин, О.В. Ёлкин // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей: в 3 кн. IV Междунар. науч.-практ. конф. (5-6 февраля 2009 г.). – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2009. – Кн. 1. – С. 249–252.

85. Докин, Б.Д. Информационные технологии для оптимизации структуры машинно-тракторного парка сельхозпредприятия / Б.Д. Докин, О.В. Ёлкин // Ползуновский вестник. – 2012. – № 2/1. – С. 191–193.

86. Alt, V.V. Network decision support system for crop production management / V.V. Alt, S.P. Isakova, E.A. Lapchenko // Environmentally Friendly Agriculture and Forestry for Future Generations: Proceeding of International Scientific XXXVI CIOSTA&CIGR SECTION V Conference, 26-28 May, 2015. – Saint Petersburg: SPbSAU. – P.148.

87. Alt, V.V. The mathematical model of forming of optimal combination of machineries and tractors park subject to social factor / V.V. Alt, S.P. Isakova, E.A. Lapchenko // 2016 13th International conference on actual problems of electronic instrument engineering proceedings APEIE – 2016, October 3-6, 2016. – Novosibirsk: NSTU, 2016. – Vol. 1. – Part 2. – P. 523–526.

88. Alt, V.V. Application of genetic algorithm in the machinery and tractor park selection / V.V. Alt, S.P. Isakova, E.A. Lapchenko // 2018 14th International conference on actual problems of electronic instrument engineering proceedings APEIE – 2018, October 2-6, 2018. – Novosibirsk: NSTU, 2018. – Vol. 1. – Part 4. – P. 370–373.

89. Janssen, S.J.C. Towards a new generation of agricultural system data, models and knowledge products: Information and communication technology / S.J.C. Janssen [et al] // Agricultural Systems. – 2016. – P. 1–13.

90. Исакова, С.П. Web-комплекс на базе математической модели формирования оптимального машинно-тракторного парка / С.П. Исакова, Е.А. Лапченко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 5. – С. 76–82.

91. Ёлкин, О.В. Применение информационных технологий с использованием web-комплекса «ПИКАТ» в сельском хозяйстве / О.В. Ёлкин, Е.А. Лапченко, С.П. Исакова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2017. – Т. 47. – № 4. – С. 110–114.

92. Докин, Б.Д. Обоснование выбора технологий и технических средств для возделывания зерновых культур в условиях Сибири / Б.Д. Докин, С.А. Степчук, О.В. Ёлкин, М.С. Чекусов // Вестник НГАУ – 2013. - № 1. – С. 111–118.

93. Лойко, Д.В. Применение функционально-стоимостного анализа при формировании машинно-тракторных парков сельскохозяйственных производителей / Д.В. Лойко // Вестник НГИЭИ. – Н. Новгород, 2011. – Т. 2. – № 2 (3). – С. 138–142.

94. Альт, В.В. Методические положения по информационному сопровождению машинных агротехнологий производства зерна яровой пшеницы на уровне сельскохозяйственного предприятия / В.В. Альт, Т.Н. Боброва, Л.А. Колпакова,

Е.А. Лапченко, С.П. Исакова; СФНЦА РАН. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. – 54 с.

95. Курносова, Н.С. Разработка стратегии информатизации сельского хозяйства / Н.С. Курносова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (57). – С. 166–173.

96. Milovic, B. Application of data mining in agriculture / B. Milovic, V. Radojevic // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2015. – Vol. 21. – Issue 1. – P. 26–34.

97. Инвестиционный паспорт Краснозерского района Новосибирской области [Электронный ресурс] URL: http://krasnozerskoe.nso.ru/page/1549.

98. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (МТС). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 190 с.

99. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельском хозяйстве: Сборник. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 316 с.

100. Ряднов, А.И. Потери зерна от увеличения сроков уборки зерновых культур / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, О.И. Поддубный // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 2 (58). – С. 375-784.

101. Обзор цен на пшеницу в 2017 году [Электронный ресурс] URL: http://ab-centre.ru/news/obzor-cen-na-pshenicu-v-2017-godu---dannye-na-30-iyunya.

102. Обзор цен на ячмень в 2017 году [Электронный ресурс] URL: http://ab-centre.ru/news/obzor-cen-na-yachmen-v-2017-godu---dannye-na-13-yanvarya.

103. Рынок овса [Электронный ресурс] URL: http://ab-centre.ru/news/rynok-ovsa-ceny-na-oves-v-rossii-za-god-snizilis-na-205.

104. [Электронный ресурс] URL: http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/DBInet.cgi?pl=1903001.

Приложение А
(рекомендуемое)

Данные хозяйства ЗАО «Новомайское» для моделирования

Таблица А.1 – Структура посевных площадей

Культуры	Площадь, га
Зерновые	15822
Яровая пшеница	12493
Яровой ячмень	932
Яровой овес	953
Зернобобовые (горох)	1444
Пары	2039
Однолетние травы	790
Многолетние травы	1878

Таблица А.2 – Состав машинно-тракторного парка на 2017 год

Марка техники	Количество, шт.
Трактор МТЗ-82	8
Трактор МТЗ-82.1	1
Трактор МТЗ-80	9
Трактор МТЗ-50	3
Трактор ДТ-75	1
Трактор ВТ-100	1
Трактор К-744Р3	1
Трактор HewHolland	1
Трактор John Deere 9530	1
Трактор John Deere 9430	1
Трактор John Deere 9420	2
Комбайн HewHolland CX 6090	4
Комбайн John Deere 9660 STS	2
Комбайн John Deere 9670	2

Продолжение таблицы А.2

Марка техники, наименование	Количество, шт.
Комбайн Claas Mega 370	1
Комбайн Claas Jaguar 850	1
Комбайн Claas Lexion 570C	4
Самоходный опрыскиватель John Deere 4730	1
Прицепной опрыскиватель ОП-2000	1
Прицепной опрыскиватель Hardi Navigator 3000 (24 м)	1
Прицепной опрыскиватель Amazone UX 5200	1
Борона БЗСС-1,0	118
Борона БЗГТ-25 Победа	2
Борона БЗГ-24-021	1
Борона ЗБЗС-1,0	84
Борона Degelman-24м	1
Борона Штригель (12 м)	1
Борона Штригель (24 м)	1
Посевной комплекс John Deere 730	2
Посевной комплекс John Deere 1895	1
Посевной комплекс Salford	1
Сеялка Amazone DMC 602 Primera	1
Сеялка Kverneland Optima	1
Сеялка СЗП-3,6	1
Пневмоприцеп John Deere 1910	6
Плуг чизельный John Deere 2410	2
Плуг Kverneland RX 100	1
Культиватор Top Down 600	1
Культиватор КРН-4,2	2
Косилка Kverneland Taarup 5090	1
Самоходная косилка MacDon M 155	1
Косилка КДН-210	2
Грабли H-90-V10	1

Продолжение таблицы А.2

Марка техники, наименование	Количество, шт.
Валкообразователь Liner 1550	2
Стогомет ПЭФ-05	1
Стогомет ПЭФ-015	1
Пресс-подборщик Claas Rollant-240	2
Пресс-подборщик Claas Rollant -340	1
Пресс-подборщик NewHolland	1

Таблица А.3 – Численный состав механизаторов на 2017 год

Марка трактора	Количество, чел.			
	Чернаковское отделение	Центральное отделение	Целинное отделение	Беспятовское отделение
МТЗ	10	17	2	2
К-744Р3	2	3	-	-
John Deere	2	-	-	-
ДТ-75	-	1	2	-
ВТ-100	1	-	-	-

Таблица А.4 – Сельскохозяйственные культуры, возделываемые в 2013-2019 гг.

Культура	Сорт	Вегетационный период, дни	Сроки высева	Урожайность, ц/га
Пшеница	Новосибирская 18	80-95	14-25 мая	21,6÷18,9
	Омская 36	75-86		
	Баганская 95	81-95		
	Новосибирская 31	70-76		
	Алтайская 70	74-79		
Горох	Ямальский	70-80	9-13 мая	14,3÷11,1
Овес	Сибирский	72-84	25-31 мая	30÷27,15
Ячмень	Нур	70-93	9-13 мая	18,5÷16,9
Однолетние травы	Овес, горох	-	25-31 мая	81,1
Многолетние травы	Костер, Люцерна	-	-	22

Приложение Б
(рекомендуемое)

Расчеты, полученные в результате моделирования

Таблица Б.1 – Затраты по статьям расходов, рассчитанные для интенсивной технологии на базе отвальной обработки почвы

Название операции	Затраты, руб.		
	ГСМ	Оплата труда	Семена (среднее)
Пшеница			
Ранневесеннее боронование	1095802	921623	0
Предпосевная обработка и посев	3725737	188053	39679017
Обработка против злаковых сорняков	626283	61498	0
Обработка против двудольных сорняков	592153	83560	0
Борьба с листостеблевыми инфекциями	603366	76283	0
Борьба с болезнями и вредителями колоса	626283	61498	0
Прямое комбайнирование с разбрасыванием соломы	2230842	263595	0
Лущение стерни	2023552	140148	0
Вспашка	10869028	287685	0
Итого:	22393045	1254480	39679017
Ячмень			
Ранневесеннее боронование	75260	23650	0
Предпосевная обработка и посев	261193	12735	2609600
Обработка против злаковых сорняков	44270	6207,5	0
Обработка против двудольных сорняков	44270	6207,5	0
Борьба с листостеблевыми инфекциями	44270	6207,5	0
Борьба с болезнями и вредителями колоса	44270	6207,5	0
Прямое комбайнирование с разбрасыванием соломы	132810	20425	0
Лущение стерни	58826	13630	0

Продолжение таблицы Б.1

Название операции	Затраты, руб.		
	ГСМ	Оплата труда	Семена (среднее)
Вспашка	832276	15567,5	0
Итого:	1537445	110840	2609600
Овес			
Ранневесеннее боронование	76955	24183	0
Предпосевная обработка и посев	267078	18808	2477800
Обработка против злаковых сорняков	36214	12188	0
Обработка против двудольных сорняков	36214	12188	0
Борьба с листостеблевыми инфекциями	36214	12188	0
Борьба с болезнями и вредителями колоса	45268	6348	0
Прямое комбайнирование с разбрасыванием соломы	135802	20885	
Лущение стерни	60151	13938	0
Вспашка	851029	15920	0
Итого:	1544925	136643	2477800

Таблица Б.2 – Затраты по статьям расходов, рассчитанные для интенсивной технологии на базе минимальной обработки почвы

Название операции	Затраты, руб.		
	ГСМ	Оплата труда	Семена (среднее)
Пшеница			
Ранневесеннее боронование	1097822	57060	0
Комбинированная обработка и посев	3512680	190502,5	39679017
Обработка против злаковых сорняков	626283	61497,5	0
Обработка против двудольных сорняков	592153	83560	0
Борьба с листостеблевыми инфекциями	603366	76282,5	0
Борьба с болезнями и вредителями колоса	626283	61497,5	0

Продолжение таблицы Б.2

Название операции	Затраты, руб.		
	ГСМ	Оплата труда	Семена (среднее)
Прямое комбайнирование с разбрасыванием соломы	2143434	265575	0
Минимальная обработка почвы	8901263	1536247,5	0
Итого:	18103283	949600	39679017
Ячмень			
Ранневесеннее боронование	74019	7760	0
Комбинированная обработка и посев	261193	12735	2609600
Обработка против злаковых сорняков	44270	6208	0
Обработка против двудольных сорняков	41238	8163	0
Борьба с листостеблевыми инфекциями	44270	6208	0
Борьба с болезнями и вредителями колоса	44270	6208	0
Прямое комбайнирование с разбрасыванием соломы	132810	20425	0
Минимальная обработка почвы	664050	11460	0
Итого:	1306120	79168	2609600
Овес			
Ранневесеннее боронование	81482	4353	0
Комбинированная обработка и посев	267078	18808	2477800
Обработка против злаковых сорняков	36214	12188	0
Обработка против двудольных сорняков	36214	12188	0
Борьба с листостеблевыми инфекциями	36214	12188	0
Борьба с болезнями и вредителями колоса	45268	6348	0
Прямое комбайнирование с разбрасыванием соломы	135803	20885	0
Минимальная обработка почвы	679013	11720	0
Итого:	1317284	98675	2477800

Таблица Б.3 – Затраты по статьям расходов, рассчитанные для no-till

Название операции	Затраты, руб.		
	ГСМ	Оплата труда	Семена (среднее)
Пшеница			
Ранневесеннее боронование	1097822	57060	0
Предпосевная обработка	626283	61498	0
Прямой посев и подкормка	3579966	191723	39679017
Обработка против сорняков	603366	76283	0
Борьба с вредителями	650425	70123	0
Борьба с болезнями	626283	61498	0
Прямое комбайнирование с разбрасыванием соломы	2143434	265575	0
Итого:	9327580	783758	39679017
Ячмень			
Ранневесеннее боронование	74019	7760	0
Предпосевная обработка	44270	6208	0
Прямой посев и подкормка	261193	12735	2609600
Обработка против сорняков	35416	11920	0
Борьба с вредителями	35416	11920	0
Борьба с болезнями	44270	6208	0
Прямое комбайнирование с разбрасыванием соломы	132810	20425	0
Итого:	627395	77173	2609600
Овес			
Ранневесеннее боронование	81482	4352,5	0
Предпосевная обработка	36214	12187,5	0
Прямой посев и подкормка	267078	18807,5	2477800
Обработка против сорняков	45268	6347,5	0
Борьба с вредителями	36214	12187,5	0
Борьба с болезнями	45268	6347,5	0
Прямое комбайнирование с разбрасыванием соломы	135803	20885	0
Итого:	647325	81117,5	2477800

МИНИСТЕРСТВО
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ
(Минсельхоз НСО)

Красный проспект, д.18, г. Новосибирск, 630007
тел.: (383)238-65-06, факс: (383)238-66-43
E-mail: agro@.nso.ru
www.mcx.nso.ru

Руководителю СибФТИ
СФНЦА РАН, академику
РАН

В.В. Альт

На № 17.06.2019 №2254-06/23 от

О согласовании

Уважаемый Виктор Валентинович!

В ответ на Ваше письмо от 29 мая 2019 года № 846-4 о согласовании районов и хозяйств для научного обоснования внедрения передовых альтернативных машинных технологий, сообщаю.

Представленный Вами перечень муниципальных районов и хозяйств Новосибирской области для научного проекта СФНЦА РАН согласован согласно приложения.

Приложение: на 1 л в 1 экз.

Министр Е.М. Лещенко

А.А. Щевровский
238 65 16

ПРИЛОЖЕНИЕ
к письму министерства сельского
хозяйства Новосибирской области
№ 2254-06/23 от 17 июня 2019 г.

ПЕРЕЧЕНЬ
муниципальных районов и хозяйств Новосибирской области для реализации научного проекта СФНЦА РАН по цифровизации машинных технологий

1. Муниципальные районы: Маслянинский – Сузунский
   Каргатский- Баганский
2. Агрохолдинги: ЗАО п.з. «Ирмень» Ордынского района
   ООО «КФХ Русское поле» Каргатского района
   ООО «Сибирская Нива» Маслянинского района
   ООО «Кудряшёвское» Новосибирского района
   ООО «Соколово» Колыванского района
   ООО «Рубин» Краснозёрского района
3. Сельскохозяйственные организации:
   ЗАО «им. Ленина» Купинского района
   ЗАО «Новомайское» Краснозёрского района
   ООО «Ярковское» Доволенского района
   СПК «Кирзинский» Ордынского района
   ЗАО «Крутишинское» Черепановского района
   ЗАО «Политотдельское» Тогучинского района
4. Крестьянско-фермерские хозяйства и индивидуальные предприниматели:
   ИП КФХ Мирошник Д.И. Краснозёрский район
   ИП Вайс А.Э. Краснозёрский район
   ИП КФХ Турков В.Н Доволенский район
   ИП КфХ Прибытко В.Ю. Барабинский район
   ИП КФХ Царик А.Я. Коченёвский район
   ИП Переверзев М.И. Ордынский район
   ИП КФХ Глагольев Н.И. Купинский район
   ИП КФХ Еремеев М.П. Венгеровский район

УТВЕРЖДАЮ
Директор ЗАО «Новомайское»
_____ Вотяков О.И.
30.01.18

УТВЕРЖДАЮ
ВРИО директора СФНЦА РАН
_____ Кашеваров Н.И.
31.01.18

АКТ ВНЕДРЕНИЯ
компьютерной программы
сельскохозяйственного назначения

ноября 2017 года г. Новосибирск

Комиссия в составе:

Председатель комиссии: Директор ЗАО «Новомайское» - Вотяков О.И.

Члены комиссии: Лунёв А.А. – главный агроном ЗАО «Новомайское»;
Альт В.В. – академик РАН, д.т.н., професор, СибФТИ СФНЦА РАН;
Ёлкин О.В. – к.т.н., ведущ. н.с. СибФТИ СФНЦА РАН;
Боброва Т.Н. – с.н.с. СибФТИ СФНЦА РАН;
Колпакова Л.А. – с.н.с. СибФТИ СФНЦА РАН;
Лапченко Е.А. – с.н.с. СибФТИ СФНЦА РАН;
Искова С.П. – с.н.с. СибФТИ СФНЦА РАН,

рассмотрела научно-техническую продукцию, выполненную СибФТИ СФНЦА РАН.

1.СибФТИ СФНЦА РАН передает, а ЗАО «Новомайское» принимает научно-техническую продукцию, оформленную в виде электронной подписки на «Программный комплекс для сопровождения машинных агротехнологий производства зерна яровой пшеницы на уровне сельскохозяйственного предприятия ПИКАТ», далее программный продукт. Программный продукт позволяет формировать рациональный состав МТП для выбранных технологий производства зерна, а также подбирать МТА с учетом технологических сроков полевых работ, их объемов, а также в условиях ограничений финансовых и кадровых (механизаторов требуемой квалификации), тем самым повышая эффективность производства зерна.

2. Учитывая, что оптимизация загрузки МТА на посеве по no-till позволила сократить в «Новомайском» сроки сева на 2 дня, что, в соответствии с

проведенными исследованиями авторов Беляев В.И., Саклакова В.Д. и др., позволило получить дополнительно до 10,96 т пшеницы, что позволило получить хозяйству экономический эффект около 104 тыс. руб. (при цене пшеницы 9 500 руб./т)

3. ЗАО «Новомайское» использует программный продукт и выдает СибФТИ СФНЦА РАН замечания и предложения по совершенствованию этого продукта.

4. СибФТИ СФНЦА РАН осуществляет авторское сопровождение программного продукта и его адаптацию.

5. ЗАО «Новомайское» и СибФТИ СФНЦА РАН считают целесообразным совместное сотрудничество в области применения программных продуктов сельскохозяйственного назначения.

Председатель комиссии: Вотяков О.И.

Члены комиссии: Лунёв А.А.

30.01.18 АльтВ.В..

Ёлкин О.В.

30.01.18 г Боброва Т.Н.

30.01.18 г Колпакова Л.А.

30.01.18 Лапченко Е.А.

30.01.18 Исакова С.П.