НОВОЖИЛОВ АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ С УЧЕТОМ СЕЗОННЫХ УСЛОВИЙ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Специальность 05.20.01 — технологии и средства механизации сельского хозяйства

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВПО Нижегородская ГСХА)

Научный консультант

доктор технических наук, профессор

Важенин Александр Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

Кухмазов Кухмаз Зейдулаевич

доктор технических наук, профессор Скороходов Анатолий Николаевич

доктор технических наук, профессор

Тырнов Юрий Алексеевич

Ведущая организация: Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого (ГНУ НИИСХ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого)

Защита состоится 16 марта 2012 года в 10^{00} часов на заседании диссертационного совета Д. 220.053.02 при ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА» по адресу: 440 014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30, ауд. 1246

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА»

Автореферат разослан 14 декабря 2011 года

Ученый секретарь диссертационного совета

Кухарев О.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Технико-технологические системы создают с целью получения эффекта от использования их в производстве. При создании технических систем в сельском хозяйстве добиваются результатов, которые на десятки процентов по потребительским свойствам превосходят аналог. Однако этот эффект не во все сезоны подтверждается эффектом от использования технических и технологических систем. Любая техническая система может быть использована с плюсом или с нулевым результатом, а эти два события отличаются друг от друга в бесконечное число раз.

Обоснование использования механизированных технологических комплексов (МТК) осложнено тем, что большую часть решений приходится вырабатывать в условиях информационной неопределенности.

Традиционные методы использования механизированных технологических комплексов в производственных процессах растениеводства, ориентированные на средние климатические условия и нормативные эксплуатационные показатели работы технических средств, не обеспечивают эффективных и стабильных результатов производства сельскохозяйственной продукции. Более того, в большинстве технологий, которые используются с отрицательным результатом, ущербы производства перекрываются дешевой рабочей силой, природной рентой и бюджетными дотациями.

Проблемная ситуация характеризуется отсутствием знаний и методов по адаптации использования механизированных технологических комплексов в растениеводстве к складывающимся условиям сезонов. В исследованиях переход из ситуации выработки решений в условиях неопределенности в ситуацию выработки решений с вероятностным риском является наиболее верным.

Практика сельскохозяйственного производства нуждается в разработке заблаговременных оценок сезонного функционирования механизированных технологических комплексов в растениеводстве с тем, чтобы можно было учесть эти оценки в реализации соответствующих мероприятий по организации и использованию техники.

Научная проблема — обосновать закономерности функционирования механизированных технологических комплексов в растениеводстве, позволяющие обеспечить рост их эффективности с учетом сезонных условий использования. Решение проблемы способствует сокращению потерь продукции и энергетических затрат, увеличению производства продуктов растениеводства, повышению производительности труда.

Работа выполнена в соответствии с пятилетними планами научноисследовательских работ Нижегородской ГСХА (1995-2000, 2001-2005, 2006-2010) и как соисполнителя координационной программы по проблеме «Разработать системы технологизации и инженерно-технического обеспечения агропромышленного производства как основы стабилизации АПК субъектов Российской Федерации Северо-Кавказского, Приволжского и Уральского федеральных округов» на 2001-2005 гг., раздел 03.08. **Цель работы.** Повышение эффективности механизированных технологических комплексов в растениеводстве с учетом сезонных условий их использования.

Объект исследований. Процесс работы механизированных технологических комплексов в растениеводстве.

Предмет исследований. Показатели использования механизированных технологических комплексов растениеводства в сезонных условиях их функционирования.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились с использованием теорий систем, множеств, подобия, экономико-математических методов. Экспериментальные исследования выполнены с использованием отраслевых методик хронометражных наблюдений за работой механизированных технологических комплексов. Обработка экспериментальных данных осуществлялась методами математической статистики с использованием стандартных программ Statistica.

Построение планов сезонного использования механизированных технологических комплексов проводилось по методике имитационного моделирования с «погружением» в типичные условия годов-аналогов.

Научной новизной работы являются:

- статистические модели оценок сроков и темпов использования механизированных технологических комплексов и алгоритм их дифференциации по годам-аналогам с заблаговременным выбором наилучшего варианта по степени подобия;
- закономерности изменения эксплуатационно-технологических показателей механизированных технологических комплексов от погодных условий;
- экономико-математическая модель оптимизации потребной технической оснащенности и трудообеспеченности процессов при использовании механизированных технологических комплексов и алгоритм ее реализации;
- интенсивные (ресурсные, технологические, организационные) методы повышения эффективности сезонного использования механизированных технологических комплексов в растениеводстве;
- методика определения стратегического состава машинно-тракторного парка (МТП) предприятий АПК для формирования МТК с учетом вероятностей наступления каждого года-аналога;
- нормативы потребности в сельскохозяйственной технике по годаманалогам.

Практическая значимость работы. Результаты исследований являются основой рационального программно-целевого управления техническими системами в сельском хозяйстве и могут применяться при разработке новых технических и технологических решений по использованию механизированных технологических комплексов.

Реализация результатов исследований. Разработанные практические рекомендации по оптимальной потребности в тракторах и сельскохозяйственных машинах для различных хозяйств включены в справочный материал научно-практических основ систем земледелия Нижегородской области.

Учет влияния типичных условий на показатели использования механизированных технологических комплексов и машинно-тракторных агрегатов применяется Всероссийским научно-исследовательским институтом органических удобрений и торфа Российской академии сельскохозяйственных наук при разработке перспективных технологий и машин для обеспечения сельскохозяйственного производства Российской Федерации.

Разработанные оптимальные планы сезонного использования механизированных технологических комплексов в растениеводстве применяются различными предприятиями АПК Нижегородской области: ООО «Агрофирма "Борская"», ОАО «Хмелевицы», ОАО «Агрофирма "Земля Сеченовская"», ООО СХП «Автозаводец», ООО «Нижегородсельхозхимия», дают значительный экономический эффект, что подтверждено соответствующими актами внедрения.

Результаты оптимизации механизированных технологических комплексов использованы при разработке нормативов потребности в технике по агрорайонам Нижегородской области.

Результаты исследований использовались при выполнении научнотехнических программ с ВИИТиН (г. Тамбов, 1987 г.), ВИМ (г. Москва, 1995 г.), ВНИИТИМЭСХ (г. Зерноград, 2005 г.).

Материалы исследований, пять учебных пособий, рекомендованных УМО вузов и Министерством сельского хозяйства РФ для обучения студентов по агроинженерным специальностям, а также монография используются в учебных процессах сельскохозяйственных вузов РФ.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы и результаты исследований доложены, обсуждены и одобрены на региональных и Международных научно-практических конференциях в НГСХА (г. Нижний Новгород, 1999, 2002, 2010 гг.), Международной научнотехнической конференции Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева (г. Саранск, 2004 г.), Всероссийском семинаре-совещании деканов инженерных факультетов аграрных вузов (г. Уфа, 2005г.), Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию РГП «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А. И. Бараева» МСХ Республики Казахстан (г. Шортанды, 2006 г.), Международных научнопрактических конференциях в ГНУ НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого (г. Киров, 2007, 2008 гг.), IV Всероссийской выставке - презентации учебно-методических изданий (г. Москва, 2010 г.), VI Международной научно-практической конференции (г. Пенза, 2010 г.), на районных, областных производственных совещаниях специалистов (1998–2010 гг.).

Научные положения и результаты исследований, выносимые на защиту:

- сезонные сроки использования механизированных технологических комплексов, адаптирующие интенсивные технологии в растениеводстве к складывающимся сезонным условиям;

- экономико-математическая модель оптимизации состава, темпов работ, технической оснащенности и трудообеспеченности производственных процессов при использовании механизированных технологических комплексов;
- технико-технологические показатели эффективного использования механизированных технологических комплексов в растениеводстве;
- нормативы потребности в сельскохозяйственной технике по годаманалогам и агрорайонам (на примере Нижегородской области) и результаты эффективного использования механизированных технологических комплексов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 56 научных работ, из них 15 в изданиях, указанных в «Перечне ...ВАК», одна монография, рекомендации НТС Госагропрома РСФСР, три учебных пособия с грифом МСХ РФ, два учебных пособия с грифом УМО, 4 патента на полезную модель РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, общих выводов, библиографического списка из 317 наименований, приложений на 45 страницах. Работа содержит 378 с., включает 44 табл. и 49 рис.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность исследований, сформулирована научная проблема и основные положения, выносимые на защиту.

«Состояние первом разделе проблемы использования механизированных комплексов производственных технологических в литературных процессах растениеводства» основании анализа источников ПО исследуемой проблеме определены пути повышения эффективности использования механизированных технологических комплексов, рассмотрены приоритетные направления исследований.

Научной базой исследований повышения эффективности механизированных технологических комплексов в растениеводстве являются труды В.П. Горячкина, Б.А. Линтварева, Б.С. Свирщевского, Г.В. Веденяпина, Ю.К. Киртбая, М.П. Сергеева, С.А. Иофинова, В.И. Фортуны, Р.Ш. Хабатова, В.Д. Саклакова, Н.П. Тишанинова, А.А. Зангиева, Ф.С. Завалишина, П.П. Кормановского, В.М. Кряжкова, Э.А. Финна, В.Г. Еникеева, Б.В. Павлова, Б.И. Кашпуры, М.В. Шахмаева, А.Н. Скороходова, К.З. Кухмазова, Ю.А. Тырнова и многих других ученых.

В работах этих ученых уделяется внимание использованию машин при интенсивных и индустриальных технологиях, оптимизации технологических систем и режимов использования машин, прогрессивным поточным и поточно-цикловым методам работы.

Анализ исследований показал, что применение прогрессивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур требует разработки более совершенных методов производственной эксплуатации механизированных технологических комплексов.

Обоснование адекватности функционирования механизированных технологических комплексов в растениеводстве погодно-климатическим условиям отмечается в исследованиях А.Н. Важенина, Н.И. Шабанова, И.И. Карманова, А.В. Процерова, А.Д. Масловской, В.В. Бледных, Г.В. Корнеева, Б.И. Горбунова, А.В. Пасина, Б.А. Арютова.

Оценка общего состояния проблемы оптимизации производственных процессов в растениеводстве показывает, что использование техники на полевых механизированных работах при реализации прогрессивных технологий тесно связано с постоянно меняющимися природными, техникотехнологическими и производственными условиями. Методические подходы к количественному и качественному учету погодно-климатических условий функционирования производственных процессов в задачах оптимизации состава механизированных технологических комплексов и их использования до сих пор находятся в стадии разработок.

Анализ состояния проблемы подтвердил, что разная эффективность использования механизированных технологических комплексов в растениеводстве обусловлена неадекватностью их функционирования погодноклиматическим условиям.

В соответствии с поставленной целью и на основании результатов анализа состояния проблемы сформулированы следующие задачи исследований:

- 1. Обосновать сезонные сроки использования механизированных технологических комплексов, адаптирующие интенсивные технологии в растениеводстве к складывающимся погодно-климатическим условиям.
- 2. Теоретически обосновать потребные техническую оснащенность и трудообеспеченность процессов, разработать экономико-математическую модель оптимизации состава и темпов использования механизированных технологических комплексов с учетом складывающихся условий сезона.
- 3. Обосновать стратегический состав машинно-тракторного парка предприятий АПК для формирования и эффективного использования механизированных технологических комплексов в растениеводстве, разработать нормативы потребности в сельскохозяйственной технике по годам-аналогам.
- 4. Провести экспериментальную, производственную проверки и экономическую оценку сезонного использования механизированных технологических комплексов.
- Bo втором разделе «Теоретические основы повышения эффективности сезонного использования механизированных технологических комплексов в растениеводстве» дается обоснование путей проблемы. Неоднозначность воздействий среды на решения научной производственный процесс проявляется разными показателями выхода продукции (рис.1).

Входом в систему производственного процесса являются природные воздействия или среда, значения которых характеризуются многомерными векторами X и Φ . Значения входов x_i , составляющих вектор X, характе-

ризуют

условия

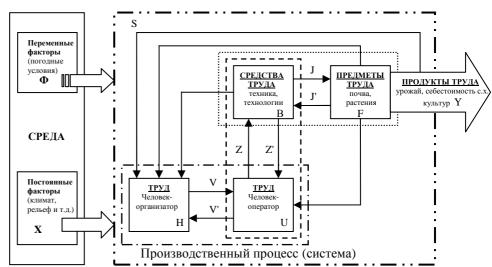


Рисунок 1 – Схема производственного процесса в растениеводстве

среды, могут считаться постоянными (климат, рельеф и т.д.). Для значения входов ϕ_i , характеризующих вектор погодных воздействий Φ , такая возможность затруднена, поэтому в настоящее время при прогнозировании реализаций системы производственного процесса вектор Φ либо вовсе не учитывают, либо вводят различного рода оценки, чаще всего субъективные, которые часто оказываются неточными. В обоих вариантах фактические реализации могут значительно отличаться от прогнозируемых.

Система (производственный процесс) включает в себя подсистемы: труд (руководитель) — труд (оператор); труд (оператор) — средства труда; средства труда — предметы труда. Выходом Y системы являются продукты труда (себестоимость). Из анализа статистической информации установлено, что взаимосвязи в системе по времени определяются наличием тесной корреляционной связи между предшествующими и последующими наборами положительных среднесуточных температур воздуха. Отличие текущего сезона от среднемноголетнего за период t может быть представлено отношением суммы среднесуточных температур воздуха нарастающим итогом текущего

сезона $\sum_{1}^{t} \overline{C}_{it}$ к сумме температур нарастающим итогом среднемноголетнего

сезона $\sum_{1}^{t} \bar{C}_{cpt}$ за тот же период времени – коэффициентом подобия теплообеспеченности, т.е.

$$K_{IIi} = \frac{\sum_{t}^{t} \overline{C}_{it}}{\sum_{t}^{t} \overline{C}_{cpt}} = \frac{\overline{C}_{i} \cdot t}{\overline{C}_{cp} \cdot t} = \frac{\overline{C}_{i}}{\overline{C}_{cp}},$$

$$(1)$$

где $K_{\Pi i}$ - коэффициент подобия теплообеспеченности текущего сезона среднемноголетнему за период t; t - временной период, начиная со среднемно-

голетней даты перехода температур через 0°C весной (1 апреля) до даты проектирования, сут.; \overline{C}_{cp} , \overline{C}_i - среднесуточная температура соответственно среднемноголетнего и текущего сезона за период t, °C/сут.

Коэффициент $K_{\Pi i}$ является обобщающим параметром текущей или сезонной теплообеспеченности, а его значение совместно с коэффициентом погодности K_{M} определяют сроки проведения работ и, как следствие, интенсивность использования механизированных технологических комплексов в производственных процессах растениеводства.

Рабочие продолжительности механизированных полевых работ могут определяться по формуле:

$$\Delta t_{pi} = (t_{i\kappa} - t_{i\mu}) K_{Mi} = \left(\frac{t_{0i\kappa}}{K_{\Pi i}} - \frac{t_{0i\mu}}{K_{\Pi i}}\right) K_{Mi}, \qquad (2)$$

где $K_{Mi} = \frac{\Delta t_{pi}}{\Delta t_i}$ — коэффициент погодности при выполнении i -ой работы;

 Δt_{pi} — рабочая продолжительность i -ой работы, сут.; $\Delta t_i = \Delta t_{pi} + \Delta t_{ni}$ — продолжительность выполнения i -ой работы с учетом простоя из-за непогоды (Δt_{ni}), сут.; t_{in} , t_{0in} — начало работы i в текущий и средний годы с отсчетом с 1 апреля, сут.; $t_{i\kappa}$, $t_{0i\kappa}$ — окончание работы i в текущий и средний годы с отсчетом с 1 апреля, сут.

Граничные и средние значения K_{II} при их дифференциации указывают на принадлежность текущих значений границам того или иного года-аналога: холодного ...- 0.80-0.85; умеренно-холодного 0.85-0.90-0.95; среднего 0.95-1.00-1.05; умеренно-теплого 1.05-1.10-1.15; теплого $1.15-1.20-\dots$ Аналогично дифференцируются коэффициенты погодности K_{II} по годаманалогам для декад и видов работ. Величина K_{II} изменяется от холодного года к теплому. К примеру, для внесения минеральных удобрений в 3-ю декаду апреля - в пределах градаций 0.72; 0.77; 0.83; 0.90; 0.95; для органических удобрений во 2-ю декаду августа - 0.73; 0.78; 0.84; 0.92; 0.99 и др.

Разработка технологических, ресурсных и организационных методов, чаще при их сочетании, основана на уменьшении разнообразия хода производственного процесса путём дифференциации множества его состояний на подмножества, включающие лишь состояния, близкие к оптимальным, по отношению к поставленной цели.

Повышение эффективности механизированных технологических комплексов в растениеводстве во многом зависит от рационального использования фонда календарного времени.

Годовой фонд тёплого календарного времени в каждой климатической зоне различен, определяет направленность, ход и результаты производственных процессов и может быть вычислен в среднем (рис.2):

$$\Phi_{T} = 24T_{\lambda},\tag{3}$$

где Φ_{T} — годовой фонд тёплого календарного времени, ч ; T_{δ} — количество дней теплого периода года, сут. ($T_{\delta}=210$ сут.).

При полном использовании светлого времени суток коэффициент сменности может иметь следующее значение:

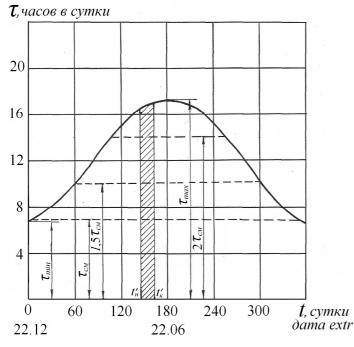


Рисунок 2 – Изменения фонда светлого времени суток в течение года

$$K_{cM} = \frac{K_{Mi} \int_{t'_{in}}^{t'_{ik}} f(\tau_{ci}) dt}{\tau_{cM}(t'_{ik} - t'_{iH})}, \qquad (4)$$

где $au_{\scriptscriptstyle CM}$ - продолжительность смены, ч.; $f(au_{\scriptscriptstyle ci})$ - функция суточного фонда светлого времени в течение года, сут.; $t'_{\scriptscriptstyle iH}$, $t'_{\scriptscriptstyle iK}$ - время начала и окончания i - работы при отсчете с момента среднемноголетнего перехода температур через 0^{0} С весной, сутки. Коэффициент сменности в тёплые периоды года при семичасовой смене в средней полосе Приволжского федерального округа будет находиться в пределах $(2,00...2,43)\,K_{\scriptscriptstyle Mi}$ весной,

 $(2,54...2,00) K_{Mi}$ летом, $(2,00...1,40) K_{Mi}$ осенью.

Природно-климатические факторы в сочетании с погодными являются главным ресурсом земледелия. Климат определяет тип культур, выращиваемых в данном регионе, а фактическая погода в течение сезона — функцию ро-

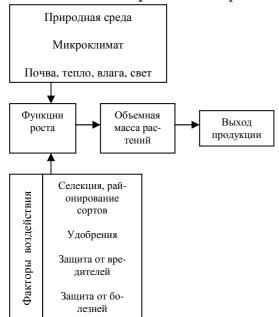


Рисунок 3 – Функциональная модель роста культуры

ста этих культур. Определяющими факторами роста сельскохозяйственных культур являются свет, тепло, влага, питание.

Модели роста растений, построенные следящими методами прогнозирования, могут быть положены в основу оптимизации производственных процессов растениеводства, что обуславливается адекватностью развития сельскохозяйственных культур во времени R = f(t) и использовании сельскохозяйственной техники при производстве полевых работ (рис. 3), где R - сухая масса вещества; t - время. Динамика набора R определяет темп роста, т.е. $\frac{dR}{dt} = q(S, g, T_T, r)$, где определяющие факто-

ры роста сельскохозяйственных культур: S - питание, g - свет, $T_{\scriptscriptstyle T}$ - тепло, r - впага

Изменять природно-климатические условия человек не может, но предвидя (прогнозируя) эти условия (g, T_T ,r), за счет изменения технологий, системы машин, видов удобрений, норм внесения, сроков внесения, сортов может влиять на ход производственного процесса для получения прибыли.

Эмпирические уравнения прогноза фенологических фаз развития растений положены в основу планирования использования технологических комплексов.

По теории множеств оператор L преобразует функцию y(x) в функцию z(x) по подобию свойств в среднемноголетнем значении z(x) = L[y(x)]. Если, к примеру, среднемноголетняя продолжительность довсходового периода яровых культур по уравнению $y = -5.9x_1 - 0.04x_2 + 123$ равна 25 суткам, а от начала вегетации озимых культур до посева яровых в среднемноголетнем значении 9 суток, то дату посева яровых от даты возобновления вегетации озимых находим по преобразованному уравнению регрессии $z = -2.4x_1 - 0.02x_2 + 49$,

где x_1 — длительность светового дня в начале периода, ч; x_2 — запас продуктивной влаги в метровом слое почвы на начало периода, мм.

При этом количество внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений по действующему веществу Q' на 1 га, в зависимости от коэффициента подобия теплообеспеченности, определяется, к примеру, по Борскому району уравнением: $Q'_{NPK} = -744,4K_{II}^2 + 1500,2K_{II} - 584,3$, кг д. в-ва; по Нижегородской области в целом – $Q'_{NPK} = -230,3K_{II}^2 + 496,8K_{II} - 140,1$, кг д. в-ва.

Представленная на рис. 4 схема алгоритма оптимизации процесса внесения удобрений реализует сочетание тактических и технологических решений по использованию механизированных технологических комплексов на внесении удобрений.

Вместе с тем, типовые нормы выработки и расхода топлива не учитывают отклонения влажности почвы от среднемноголетнего значения. По нашим наблюдениям, отклонение влажности почвы от среднемноголетней может достигать 10% и более.

В зонах нормального увлажнения при увеличении влажности почвы против среднемноголетней на 1% приведет к возрастанию удельного сопротивления на 1 - 2%, тяговая мощность трактора при этом уменьшится на 1% для гусеничных и 2% для колесных тракторов. В итоге на каждый 1% влажности сверх среднемноголетней производительность уменьшается на 2 - 3% для гусеничных и на 3 - 4% для колесных тракторов.

При уменьшении влажности почвы против среднемноголетней на 1% удельное сопротивление возрастает на 1 - 2%, а тяговые показатели трактора остаются неизменными, поэтому производительность также уменьшается на 1 - 2% на каждый 1% влажности ниже среднемноголетней.

Исследуя уравнение движения МТА $\frac{\partial T}{\partial g_i} = F_i$ и введя в него поправоч-

ный коэффициент к удельному сопротивлению a_k , на влажность почвы ϑ , при изменении её на 1%, уравнение движения МТА примет вид:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial g_i} - \frac{\partial T}{\partial g_i} = F_i(1 + a_k \vartheta | \vartheta - 20|) + \lambda_1 A_{1i} + \dots + \lambda_m A_{mi}, \ i = 1, \dots \lambda,$$

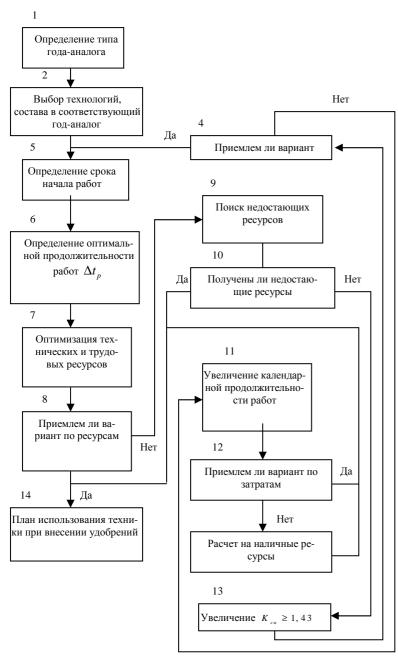


Рисунок 4 — Структурная схема алгоритма оптимизации процесса внесения удобрений

где T- кинетическая энергия системы, Дж; g_i - обобщенные координаты, м; F_i - обобщенные силы, H; $\lambda_1,...\lambda_m$ - неопределенные множители; $A_{1i},...A_{mi}$ - коэффициенты неголономных связей.

Из предлагаемого уравнения следует, что влажность почвы, как обобщающий параметр учета сезонных почвенных условий, существенно влияет на уравнение движения МТА.

Корректировать типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы можно коэффициентом изменения производительности:

$$K_W = -0.066 + 1.056 \overline{K}_M \cdot K_{\Pi}$$
,(5) коэффициентом использования циклового времени

$$G_u = 13,4-6,9\overline{K}_M\cdot K_{\varPi}$$
, кг/га.(7)

В **третьем разделе** «Методические основы сезонного использования механизированных технологических

комплексов в растениеводстве» представлены методики:

- заблаговременного учета складывающихся погодных условий при сезонном использовании механизированных технологических комплексов;

- сбора информации и выявления зависимостей эксплуатационнотехнологических показателей использования машинно-тракторных агрегатов от складывающихся погодных условий;
- составления оптимальных сезонных расписаний функционирования механизированных технологических комплексов;
- имитационного моделирования сезонного использования механизированных технологических комплексов в производственных процессах растениеводства;
- проектирования стратегического состава МТП для формирования механизированных технологических комплексов и их сезонного использования.

При составлении плана механизированных работ исследовался подекадный ход теплообеспеченности в период проведения работ. Использовались данные метеостанции «Мыза» за 80 лет.

По средним значениям декадных сумм температур воздуха нарастающим итогом пяти годов-аналогов построили графики хода теплообеспеченности в период проведения полевых работ (рис.5).

Теплообеспеченность начала проведения работ для условий конкретного хозяйства можно установить по среднемноголетней дате, используя выражение, полученное в результате статистической обработки ретроспективного материала набора сумм положительных температур воздуха:

$$\sum{}^{0}C = \overline{C}t_{H} - \frac{T_{\partial} \cdot (\overline{C} - 5)}{2 \cdot \pi} \sin \frac{2 \cdot \pi \cdot t_{H}}{T_{\partial}}, \tag{8}$$

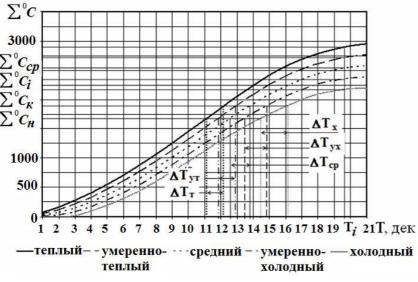


Рисунок 5 — Ход теплообеспеченности годов-аналогов в период проведения полевых механизированных работ

где $\sum_{n=0}^{\infty} C$ - теплообеспеченность, т.е. сумма положительных температур нарастающим итогом на дату проектирования t_{np} , °C; \overline{C} - среднедекадная климатическая температура воздуха в теплый период, °C; t_n - среднемноголетняя дата начала работ, сут. от 1 апреля.

При исследовании изменения коэффициента погодности при проведении некоторых сельскохо-

зяйственных работ в зависимости от нарастания теплообеспеченности были получены следующие зависимости (табл.1).

По данным наблюдений определены математические ожидания теплообеспеченностей на начало выполнения некоторых сельскохозяйственных работ (табл.2) и сроки их выполнения (табл.3).

Tаблица 1-3ависимость изменения коэффициента погодности у от нарастания теплообеспеченности x при весенних полевых работах в Hижегородской области

Вид работ	Уравнение регрессии	R	χ^2	df	<i>p</i> <	$\chi^2_{0,9}$
Боронование	$y = -0.42 + 0.48 \cdot 1gx$	0,87	0,46	23	1	32
Культивация	$y = -0.80 + 0.66 \cdot lgx$	0,91	0,68	13	1	19
Весновспашка	$y = -0.84 + 0.69 \cdot lgx$	0,92	0,68	13	1	19
Посев	$y = -0.80 + 0.60 \cdot lgx$	0,85	0,89	23	1	32

Таблица 2 – Теплообеспеченность на начало выполнения работ

		Математиче-	Довер	итель-		
	II	ское ожида-	ный и	інтер-	Cmarrana	Стандар-
Потриородина	Число	ние тепло-	вал	для	Среднеква-	тная
	элементов	обеспеченно-	сред	HCIO	дратическое	ошибка
работы	выборки,	сти(среднее			отклонение,	среднего,
	n	значение),	-95%	+95%	σ	σ/\sqrt{n}
		m_0 , 0 $C \circ$				
Посев овса	19	155	120	190	72	16
Посев пшеницы	17	173	145	201	55	13
Посадка картофеля	24	361	325	398	87	18
Кошение трав	20	1001	935	1068	142	20
Уборка пшеницы	20	1654	1588	1720	141	32
Уборка овса	18	1689	1619	1759	140	33

Из табл. 2 следует, что сумма температур воздуха, равная 155°C, означает готовность почвы к посеву овса.

Таблица 3 – Сроки начала выполнения работ

		На	именование р	абот	
Год-аналог	посев	посев	посадка	кошение	уборка
	пшеницы	овса	картофеля	трав	зерновых
Теплый	20 апр.	18 апр.	7 мая	17 июня	18 июля
Умеренно-теплый	24 апр.	22 апр.	12 мая	24 июня	25 июля
Средний	30 апр.	28 апр.	19 мая	30 июня	1 авг.
Умеренно-холодный	6 мая	4 мая	26 мая	7 июля	9 авг.
Холодный	14 мая	12 мая	3 июня	14 июля	19 авг.

В зависимости от года-аналога оптимальные сроки начала работ, по сравнению со средними многолетними могут отличаться от 4 до 14 дней.

Теплообеспеченность и сроки выполнения работ (табл. 2, 3) учитываются при составлении сезонных расписаний использования агрегатов и упорядочения параллельных производственных процессов растениеводства.

При посадке картофеля использовалась сажалка (патент № 64850 RU), разделение клубней на фракции производилось сортировкой клубнекорнеплодов (патент № 66982 RU).

При решении задач анализа и синтеза сложных систем одним из методов является имитационное моделирование.

При имитационном моделировании испытаниям подвергается не сам объект, а его имитационная модель, реализованная на ЭВМ. За основу приняты параметры существующих механизированных технологических комплексов в ООО «Агрофирма "Борская"». Многократное повторение эксперимента по каждому варианту проводилось в соответствии с блок-схемой использования механизированного технологического комплекса с привлечением агрегатов из МТС в складывающихся погодно-производственных услови-

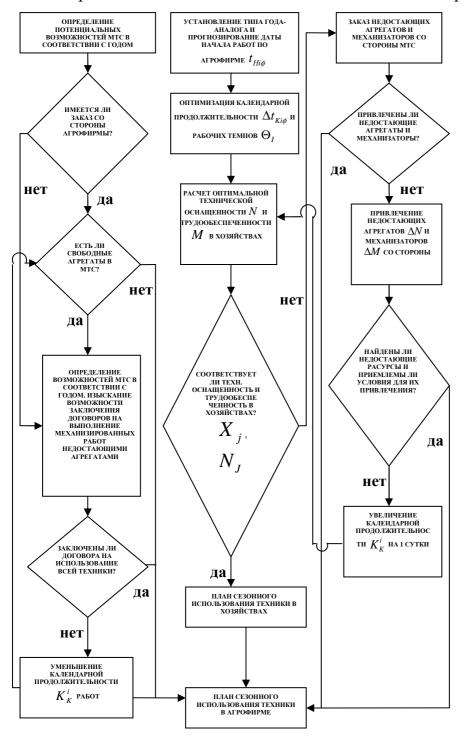


Рисунок 6 – Блок-схема использования механизированных технологических комплексов

(рис.6). Изучение функционирования механизированного технологического комплекса позволило в качестве основных показателей погодных условий выбрать коэффициент подобия теплообеспеченности (при определении срока начала работ) и коэффициент погодности (при определении продолжительности и сезонных темпов работ).

В результате выявлена возможность определения оптимальных уровней технической оснащенности и трудообеспеченности проведения каждой работы, календарные сроки её начала, продолжительность и сменность.

В четвертом разделе «Оптимизация сезонного использования механизированных технологических комплексов в растениеводстве» на основе анализа существующих методов, моделей и кри-

териев оптимизации разработана экономико-математическая модель оптимизации состава и сезонного использования механизированных технологических комплексов.

За условие выбора тактики сезонного использования механизированного технологического комплекса можно принять поддержание такого темпа (Θ_i , 1/сут.), выполнения механизированных работ для текущего сезона i, при котором затраты на выполнение работ будут минимальны, а потери продукции незначительны

$$\Theta_i = \frac{100K_{IIi}}{\Delta t_{\kappa cp}K_{Mi}},\tag{9}$$

где $\Delta t_{\kappa cp}$ - календарная продолжительность работ в средний год-аналог, сут.; $K_{\Pi i}$ - текущий коэффициент подобия теплообеспеченности, характеризующий условия i-го года-аналога; K_{Mi} - текущий коэффициент погодности.

Критерием формирования механизированного технологического комплекса принимаем минимум комплексных затрат, включающих эксплуатационные затраты C_3 , с учетом затрат на приобретение техники (из приведенных затрат C_{Π_p}), с учетом потерь продукции Π (из дифференциальных затрат C_{Λ}) и затрат на содержание механизаторов при выполнении годового объема работ (ГОСТ 23730-80). Целевая функция формирования оптимального состава механизированного технологического комплекса выглядит следующим образом:

$$C_{\kappa} = \sum_{s} \sum_{i} \sum_{\varphi} \left(C_{i\varphi s} + Y \mathcal{L} K_{y} Q K_{c \partial i} (1, 5 - K_{M i}) \right) \Delta t_{\kappa i \varphi s} + \sum_{j \in F_{1}} (a_{j} + E) B_{j} X_{j} + C_{L} X_{L} \rightarrow \min. (10)$$

Основными условиями экономико-математической модели, формирующими оптимальный состав механизированного технологического комплекса, являются следующие ограничения:

1. Каждая работа i выполняется технологически согласованно с другими работами в расчетных периодах s всеми технологически допустимыми φ - агрегатами в полном объеме, в необходимые агротехнические сроки, при допустимых темпах работ по складывающимся условиям годов-аналогов

$$\sum_{s} \sum_{\varphi} K_{Mi\varphi s} W_{i\varphi s} X_{i\varphi s} \ge \frac{Q_{is} K_{II}}{\Delta t_{pis}}.$$
 (11)

2. Все работы выполняются при соблюдении баланса машин в парке, число которых определяется по напряженному s - расчетному периоду

$$\max_{s} \sum_{i} \sum_{\varphi} n_{i\varphi j} X_{i\varphi s} = X_{j} . \tag{12}$$

3. Количество агрегатов φ ограничивается общей численностью механизаторов X_L , которая определяется одновременной работой в напряженном расчетном периоде S

$$\max_{s} \sum_{i} \sum_{\varphi} K_{cmi\varphi s} m_{i\varphi s} X_{i\varphi} = X_{L}.$$
 (13)

4. Неотрицательность и целочисленность переменных

entier
$$X_{j}, X_{L}, X_{i\varphi s}, n_{i\varphi s}, m_{i\varphi s}, \geq 0$$
,
 $K_{c\partial i}, K_{cmi\phi s}, K_{wi\phi s}, K_{\Pi}, \Delta t_{pis}, K_{mis} \geq 0$,
 $i = \overline{1, I}$; $\varphi = \overline{1, F}$; $S = \overline{1, S}$; $j = \overline{1, N}$; $L = \overline{1, M}$, (14)

где i, φ, s, j, L - индексы соответственно работы, агрегата, расчетного периода, машины, обслуживающего агрегат персонала; C_{ion} - удельные эксплуатационные затраты j - машины при выполнении работы i, агрегатом φ , в s расчетный период руб./сут.; K_y - коэффициент учета потерь на работе i в средний год аналог, 1/сут.; V - биологическая урожайность культуры, $\tau/\text{га}$; U - цена продукции, руб./т; $W_{i,\omega}$ -производительность агрегата φ на работе i, га/см; K_{coi} - коэффициент подобия среднедекадных температур; K_{coios} - коэффициент сменности при многосменной работе; $K_{_{Mi\phi\!s}}$ - коэффициент погодности при работе агрегата φ на работе i в расчетный период s; Δt_{kias} - календарная продолжительность работы i в расчетный период s, сутки; $\Delta t_{\textit{pis}}$ - рабочая продолжительность работы i в расчетный период s, сутки; X_{ios} -количество агрегатов φ из технологически допустимого множества на выполнение работы iв расчетный период s, 1; X_i -количество машин j из допустимого множества на выполнение годового объема работ в хозяйстве, 1; a_i -коэффициент отчислений на реновацию по машине ј; Е-коэффициент эффективности капиталовложений; E_i - балансовая цена машины j , руб.; C_L - оценка затрат на одного механизатора, необходимых при выполнении годового объема работ в хозяйстве, руб. год/1; X_L -количество механизаторов, обслуживающих МТП в течение года, 1; Q_{is} - объем работы i в расчетный период s , га; n_{io} - количество машин в агрегате φ на работе i в расчетный период s, 1; m_{im} - число производственного персонала, обслуживающего агрегат φ в расчетный период s, 1; F_1 - множество наименований тракторов и сельскохозяйственных машин хозяйства.

Для расчета целевой функции использовалась программа, разработанная на кафедре эксплуатации МТП НГСХА.

Оптимальное тактическое решение (сезонный состав техники) реализуется только относительно конкретной ситуации – текущего сезона.

При определении стратегического МТП, который учитывает вероятность наступления всех годов-аналогов и является лучшим для всех типов годов, используются задачи матричной игры, в которой стратегией является каждый год-аналог.

Реализацию игры рассмотрим на примере структурной схемы предпосевной обработки, внесения удобрений и посева яровых зерновых культур (рис.7).

Исходя из условий поточности все виды работ должны начинаться и заканчиваться одновременно, что не всегда соответствует действительному ходу работ. Варьируя количеством агрегатов на различных работах, можно

составить систему заданий структурной оптимизации производственного



Рисунок 7 — Структурная схема посева яровых зерновых культур с внесением удобрений

процесса – это может быть множество вариантов структурных построений.

При достаточно большом числе испытаний *N* сложность и трудоемкость решаемой задачи в определенной степени характеризуются обобщенными и функциональными коэффициентами эффективности отбора

$$\gamma_1 = \frac{N^{\prime\prime}}{N} \approx \frac{V^{\prime\prime}}{V}$$
 и
$$\gamma_2 = \frac{N^{\prime}}{N} \approx \frac{V^{\prime}}{V},$$

где V'' и V' - r -мерные объемы множеств в пространстве параметров, первое из которых удовлетворяет функциональным и критериальным ограничениям одновременно, второе — только функциональным; N'' и N' -

число моделей, попавших соответственно в $V^{\prime\prime}$ и V^{\prime} ; V - r- мерный объем зондируемого пространства параметров.

При машинном расчете (коэффициент эффективности отбора — γ_2 =0,08) наиболее эффективными оказались две модели: МТЗ-82.1 + МВУ-5 \rightarrow T-150 + КШУ-12 \rightarrow МТЗ-82.1 + СП-11 + 2ВИП-5,6 + 2·3ККШ-6 \rightarrow 2(Т-150 + СП-11 + 3СЗА-3,6) и МТЗ-82.1 + МВУ-5 \rightarrow T-150 + РВК-5,4 \rightarrow T-150 + СП-11 + 3СЗА-3,6.

Свойства проектируемого технологического процесса оценивались по четырем локальным критериям: темп работ, топливная экономичность, трудоемкость работ, стоимость работ.

Анализ экспериментальных данных показал, что предпочтительным обобщающим критерием распределения агрегатов при существующем парке машин является минимум эксплуатационных затрат C_9 , при формировании механизированного технологического комплекса предприятия — минимум приведенных затрат C_{np} , при выборе технологий — минимум дифференциальных затрат (с учетом потерь) $C_{\mathcal{I}}$, при оценке работы всех механизированных технологических комплексов из МТП предприятия с учетом эффективности труда механизаторов — минимум комплексных затрат $C_{\mathcal{K}}$.

Предлагаемый метод расчета использовался и при разработке нормативов потребности в технике и системы машин в земледелии по агрорайонам Нижегородской области.

В пятом разделе «Результаты исследований и их анализ» представлены результаты использования механизированных технологических комплексов при различных условиях их функционирования и показатели их экономической эффективности.

Средневзвешенные комплексные затраты 17534 тыс. рублей являются минимальными при многолетнем использовании МТК с учетом вероятности наступления каждого года-аналога.

Выбор наилучшего варианта использования техники позволяет сократить сроки выполнения полевых работ на 20% и более, сократить простои МТК по организационным причинам до 17%, затраты на эксплуатацию техники - на 12%.

На потребные уровни обеспеченности техникой и технологические уровни использования механизированных технологических комплексов существенное влияние оказывают погодные условия, учет которых в практике проектирования осуществляется коэффициентами погодных условий. В сезонном проектировании и оперативном управлении работой механизированных технологических комплексов используются предлагаемые ВИМом средние многолетние значения этих коэффициентов. Являясь пока основным материалом учета природных факторов в механизации сельского хозяйства, они не учитывают ежегодно складывающихся погодно-производственных ситуаций в конкретной обстановке. Проведенная дифференциация коэффициентов погодных условий по пяти годам-аналогам способствует объективизации проектирования технологических уровней производственных процессов и их хода в реальном времени. Результаты проведенного корреляционного анализа изменения среднесуточной температуры воздуха представлены нормированными корреляционными функциями (рис. 8). Нормированные корреляци-

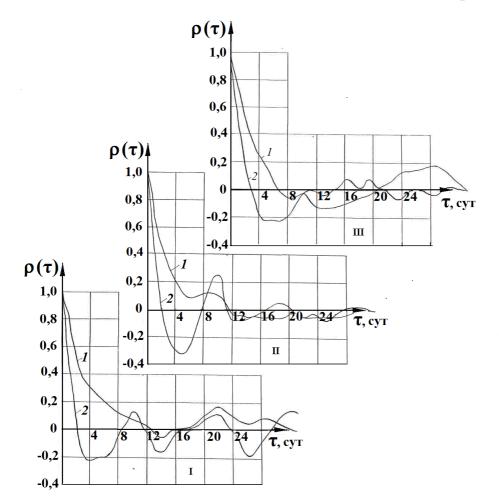
онные функции процесса изменения температур воздуха $\rho_{\scriptscriptstyle x}(\tau) = \frac{R_{\scriptscriptstyle x}(\tau)}{D_{\scriptscriptstyle x}}$ полу-

чили после предварительной обработки центрированных значений температур воздуха с помощью электронных таблиц Excel процесса изменения температур воздуха, где $\rho_{\scriptscriptstyle x}(\tau)$ - нормированная корреляционная функция; $R_{\scriptscriptstyle x}(\tau)$ - корреляция функции процесса изменения температур воздуха; $D_{\scriptscriptstyle x}$ - дисперсия процесса изменения температур воздуха.

Анализ нормированных корреляционных функций позволил сделать вывод о том, что для проектирования сезонного использования МТК среднедекадные температуры предпочтительнее среднесуточных и среднемесячных, так как их оценки более эффективны на интервале времени до 4 декад.

Анализ сравнения коэффициентов подобия теплообеспеченности годованалогов K_n по области (табл.4), а также коэффициентов погодности K_{Mi} по районам Нижегородской области с известными коэффициентами ВИМа с

помощью t-критерия при уровне значимости 0,05 свидетельствуют о том, что их математические ожидания в тех же точках не расходятся.



1 – центрированные по средней многолетней декадной температуре воздуха;
2 – центрированные по средней текущей

воздуха.
Рисунок 8 –
Нормированные корреляционные функции процесса многолетнего изменения

декадной температуре

температур воздуха в пределах I, II, III декад апреля

среднесуточных

Таблица 4 — Коэффициенты подобия годов-аналогов и границы их содержащие по Нижегородской области

	Ко	эффициент подобия	Сравн	ение
Год-аналог	средний	границы содержащие средний коэффициент	t	t _{0,05}
Холодный	0,82	0,80,85	0,85	2,57
Умеренно-холодный	0,90	0,850,95	1,06	2,57
Средний	1,00	0,951,05	0,84	2,57
Умеренно-теплый	1,10	1,051,15	1,04	2,57
Теплый	1,18	1,151,20	1,05	2,57

Дифференциация оценок условий функционирования производственных процессов растениеводства позволяет с приемлемой точностью для каждого текущего года заблаговременно определить показатели работы механизированных технологических комплексов, обеспечение которых в рамках тактических интенсивных методов может осуществляться либо изысканием дополнительных технических средств при односменной работе, либо изысканием трудовых ресурсов для организации многосменной работы имеющихся механизированных технологических комплексов.

Испытание и исследование свойств предлагаемой экономикоматематической модели проводилось методом «погружения» в погоднопроизводственные условия годов-аналогов ООО «Агрофирма "Борская"».

Достоверность модели исследовалась по коэффициенту погодных условий K_M , значение которого по годам и различным работам варьируется в основном от 0.6 до 1.0.

В центральной точке массива значений параметра K_M в наименее устойчивый по погодным условиям холодный год-аналог с учетом объемов работ получено, что в оптимальной зоне изменения целевой функции количество тракторов изменяется от 37 до 42. Причем, при изменении K_M от 0,8 до 1,0 и значений количества тракторов от 34 до 40 значения целевой функции изменяются не более чем на 1%. В зоне снижения K_M от 0,8 до 0,6 значение целевой функции возрастает на 4%.

При исследовании принимались различные значения коэффициентов сменности (табл.5).

Таблица 5 — Результаты моделирования по потребной технической оснащенности и трудообеспеченности процессов (на 1000 га) по годаманалогам и разной сменности

Год-аналог	$N(K_{CM}=1)$	$M(K_{CM}=1)$	$N(K_{CM} = 1,43)$	$M(K_{CM} = 1,43)$	$N(K_{CM}=2)$	$M(K_{CM}=2)$
	у.э.тр.	чел.	у.э.тр.	чел.	у.э.тр.	чел.
Холодный	8,9	7,4	6,2	5,0	4,3	6,8
Умеренно-	7.9	6,4	5,4	4,4	3,8	5,8
холодный	7,7	0,4	3,4	7,7	3,0	5,0
Средний	8,5	7,0	5,9	4,8	4,1	6,2
Умеренно-	9,2	7,6	6,5	5,2	4,5	7,0
теплый	9,2	7,0	0,5	3,2	4,5	7,0
Теплый	10,0	8,4	7,0	5,6	5,0	8,0

После упорядочения параллельных процессов и расчета потребного количества техники по годам-аналогам проводим проверку и анализ чувствительности модели с учетом полученных результатов. Серединная точка вектора параметров $K_{\Pi}=1,0$ и $K_{M}=0,7$ диапазоны изменений параметров выбираем $K_{\Pi}=0,5...1,5$, $K_{M}=0,35...1,0$, то есть выбрано 100% значений приращения компонент вектора параметров. Было проведено четыре варианта имитационных экспериментов.

Приращения компонент вектора параметров и каждой компоненты вектора откликов определялись в процентах. Результаты расчетов представлены в табл. 6.

Оценка устойчивости решений в зоне оптимума целевой функции в 1% и 5% зонах изменения оптимальных значений комплексных затрат показала, что модель допускает изменение состава МТК в достаточно широких пределах (±10 и ±20%).

Таблица 6 — Проверка и анализ чувствительности экономикоматематической модели на изменение вектора параметров (K_{Π} и K_{M}) и прирашение компонент откликов

Варианты	K_{II}	K_{M}	$C_{\mathfrak{I}}$	П	$\mathcal{B}(E+a)$	X_L	C_L	C_K
1	0,5	0,7	5491	3467	5217	46	5595	19770
2	1,5	0,7	6875	2053	6427	56	2499	17854
3	1	0,35	5410	5168	4848	41	4608	20034
4	1	1	6358	2453	5759	47	2371	16941
		При-	Ι	Ірираще	ния компо	нент отк	ликов, %	6
Варианты	Пара- метры	раще- ния па- рамет- ров,%	$\delta C_{\mathfrak{I}}$	δΠ	$\delta E(E+a)$	δX_L	δC_L	δC_K
1, 2	K_{II}	100	4,6	80	5,2	100	100	37,6
3, 4	K_{M}	100	1,2	87,3	1,7	81	81	35,2

Указанные в табл. 6 результаты свидетельствуют о допустимом уровне чувствительности модели к изменению коэффициента погодных условий и о целесообразности использования принятого значения этого коэффициента для дальнейших расчетов.

Наибольшая чувствительность модели к изменению обоих параметров достигается по откликам потерь урожая, количества техники, затрат на трудовые ресурсы при сравнимости изменений значений откликов по комплексным затратам. Точка тяготения средних многолетних комплексных затрат может не совпадать с затратами среднего сезона. Следовательно, стратегическое решение по формированию оптимального состава механизированных технологических комплексов для разных условий в Нижегородской области может быть ориентировано как на средние многолетние климатические пока-

Состор	I/ a reversion and a	Календарн	ые сроки
Состав МТА	Количество агрегатов, шт	апрель	май
WITA .	arperaros, mr	1025	1230
МТЗ- 80.1+ МВУ-5	1	Q=176 га	
ЛТЗ-55+ МВУ-0,5	4	Q=1345 ra	
MT3- 80.1+ C3-3,6	4		Q=880 га

Рисунок 9 — Фрагмент плана работы механизированных технологических комплексов при подкормке культур в холодный год

затели, так и на другие условия.

Прогнозирование оптимальных сроков за 30 дней до использования механизированных технологических комплексов, а также их составов позволяет составить план по пяти годам-аналогам их эффективного использования, например, для холодного года (рис. 9).

На основании статистических данных по внесению

удобрений в Нижегородской области и Борском районе были выявлены определенные закономерности внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений в зависимости от типа года (рис.10).

Изменение норм внесения удобрений в зависимости от типа года, характеризуемого коэффициентом K_{II} , можно отразить через коэффициент адаптации потребности в удобрениях для данного типа года (табл.7)

$$K_{a\partial} = \frac{H_{nomp}}{H_{cp}}, \qquad (15)$$

где $H_{\it nomp}$ — необходимая норма внесения удобрений, зависящих от типа года, кг д. в-ва; $H_{\it cp}$ — средняя норма внесения удобрений, кг д.в-ва.

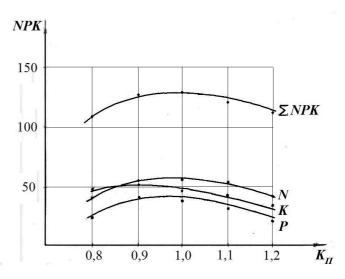


Рисунок 10- Внесение NPK кг д. в-ва на 1 га пашни по Борскому району в зависимости от K_{Π}

Таблица 7 – Коэффициенты адаптации в потребности удобрений

Год-	K_{II}		-	адапта кой обл		Коэффициент адаптации в Борском районе					
аналог		NPK	N	P	K	NPK	N	P	K		
Хол.	0,8	0,87	0,76	0,84	0,93	0,81	0,87	0,73	0,87		
Умхол.	0,9	0,95	0,92	0,94	0,99	0,95	0,98	0,90	0,96		
Средний	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
Умтепл.	1,1	1,01	1,01	1,03	0,96	0,96	0,93	1,04	0,98		
Тепл.	1,2	0,98	0,94	1,02	0,88	0,84	0,78	1,02	0,89		

Получены уравнения регрессии коэффициента адаптации норм внесения удобрений $K_{a \hat{o}}$ по условиям годов-аналогов, позволяющие корректировать объемы вносимых удобрений:

для Нижегородской области
$$K_{_{ao}}^{\sum NPK} = -1,818K_{_{\Pi}}^2 + 3,921K_{_{\Pi}} - 1,106;$$
 для Борского района
$$K_{_{ao}}^{\sum NPK} = -4,341K_{_{\Pi}}^2 + 8,748K_{_{\Pi}} - 3,407.$$

При исследовании составляющих баланса времени смены использования механизированных технологических комплексов в складывающихся условиях сезона, на примере агрегатов при внесении удобрений, нашло подтверждение влияние метеоусловий на их эксплуатационно-технологические показатели, с увеличением K_{II} возрастает производительность агрегатов, характеризуемая коэффициентом K_{W} (рис.11). При подготовке агрегатов к работе использовали устройство для проверки фильтра (патент № 73043 RU) и устройство обработки сигналов (патент № 73136 RU) для уменьшения затрат на проведение TO.

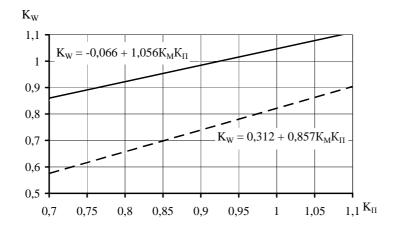


Рисунок 11 - Коэффициент использования производительности агрегата в зависимости от коэффициента подобия теплообеспеченности

Построенная номограмма (рис.12) дает возможность в зависимости от объемов работ, сроков проведения работ, времени смены, коэффициента технической готовности определить состав механизированных технологических комплексов по внесению удобрений.

Исходя из ширины разбрасывания удобрений B, точка 1 и далее с учетом норм внесения удобрений H, транспортной скорости агрегата V_{mp} , технологического времени внесения T_{mexh} , грузоподъемности разбрасывателя P_{M} , времени смены T_{cM} , коэффициента использования времени смены τ , и объема работ Q определяем количество машин по маркам, необходимых для выполнения этой работы.

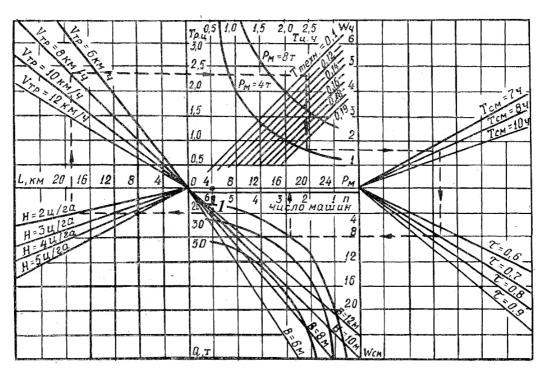


Рисунок 12 — Номограмма для определения состава механизированных технологических комплексов для внесения минеральных удобрений

Для экономического обоснования продолжительности выполнения отдельных механизированных работ целевую функцию представим следующим образом:

$$C_{\kappa} = C_{i\varphi_{S}} \Delta t_{\kappa i\varphi_{S}} + Y \mathcal{L} K_{y} Q K_{c\partial i} (1.5 - K_{Mi}) \Delta t_{\kappa i\varphi_{S}} + \sum_{j \in F_{i}} (a_{j} + E) E_{j} X_{j} \gamma_{j} + \alpha C_{L} X_{L}, \qquad (16)$$

где γ_j - доля данной работы машиной j в годовом объеме работ; α - доля рабочего времени на данной работе в общем времени работы механизатора в течение года.

Приравниваем к нулю первую частную производную от целевой функции $\frac{\partial C_{\kappa}}{\partial \Delta t_{\kappa i \phi s}} = 0$, получаем дифференцированную по типовым годам оптимальную календарную продолжительность работ $\Delta t_{\kappa i \phi s}$ и темп проведения работ

 Θ_{onmi}

$$\Delta t_{\kappa i \varphi s} = \sqrt{\frac{\sum_{j \in F_{1}} (a_{j} + E) E_{j} X_{i \varphi s} \gamma_{j} + \alpha C_{L} X_{L}}{\left(7 K_{c \omega i \varphi s} K_{c \partial i \varphi s} W_{i \varphi s} \left(C_{i \varphi s} / Q + Y \mathcal{L} K_{y} K_{c \partial i} \left(1, 5 - K_{\omega i}\right)\right)\right)}};$$

$$(17)$$

$$\Theta_{onmi} = \frac{Q}{\Delta t_{\kappa i \, os}} \,. \tag{18}$$

По формулам (17, 18) определены календарные сроки, а также допустимые темпы работ механизированных технологических комплексов внесения удобрений в юго-восточном районе Нижегородской области по пяти годам-аналогам: среднему, холодному -1, умеренно-холодному -2, умеренно-теплому -3, теплому -4 (табл.8).

Таблица 8 — Календарные сроки и допустимые темпы работ механизированных технологических комплексов внесения удобрений (фрагмент)

Наименование сх. культур, ра- бот, тип года	Коэффициент погодности	работ ср	выполнения реднемного- и расчетные ,2,3,4	Расчетная про- должитель- ность выполне- ния работ	Темпы вы- полнения работы
оот, типтода	Коэ	начало	окончание	(раб.дни)	(%/сутки)
Яровые зерновые					
1. Узкорядный сев					
с внесением мин.		26.04	5.05	8,20	16,5
уд. совместно с		20.01	3.03	0,20	10,5
травами	0,82				
1	0,02	28.04	9.05	7,87	55,2
2		27.04	8.05	8,04	25,9
3		25.04	4.05	8,28	12,07
4		24.04	3.05	8,36	9,49

Значение $K_M = 0.82$ находится на границе умеренно-холодного и среднего годов-аналогов, план использования механизированных технологических комплексов при посеве принимаем по умеренно-холодному (2) году (худший вариант).

Из-за большого объема решаемой задачи (множество работ, агрегатов), как правило, количество периодов ограничивают (за счет корректировок сроков работ). В связи с этим решение задачи становится не адекватно реальным условиям производства.

Рассчитанный по пяти годам-аналогам состав механизированного технологического комплекса является оптимальным для своих погоднопроизводственных условий. Необходимо найти такое стратегическое решение (стратегический состав), которое учитывало бы вероятности наступления всех годов-аналогов и являлось бы наилучшим для всех типов годов.

В данной ситуации используется задача матричной игры, в которой стратегией является каждый год-аналог. Результатом матричной игры является определение оптимального по составу механизированного технологического комплекса для стратегического решения по минимуму комплексных затрат.

За основу приняли основные параметры существующего машиннотракторного парка в ООО «Агрофирма "Борская"» - базовая матрица.

Учет перекрытия работ по срокам по тракторам и СХМ выполняется при помощи вспомогательных матриц, куда данные по количеству агрегатов поступают из базовой модели за счет связанных между собой листов и таблиц. На рис. 13 показан фрагмент вспомогательной матрицы расчета количества тракторов с учетом перекрытия по срокам. Для этого использовалась логическая функция ЕСЛИ. Чтобы учесть все условия, функция ЕСЛИ должна иметь четыре вложения.

				MT3-82.1	Количество		N	• Работ	ы					
	Агр	егаты	Сроки пров	едения работ	агрегатов из	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№ Работы	Трактор	CXM	Начало	Конец	Базовой модели	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	T-150	ПЛН-4-35	1 сен	10 сен	3									
2	T-150	БЗС - 1,0	25 апр	28 апр	2									
3	T-150K	ЗККШ-6	1 май	1 май	5									
4	MT3-82.1	ОПШ-15	10 май	14 май	2				2					
5	MT3-1221	АШУ-6	13 май	17 май	2									
6	MT3-82.1	ПКУ-0,8	16 май	21 май	1						1	1		
7	MT3-82.1	СУПН-8	16 май	21 май	3						3	3		
8	T-150K	ЗККШ-6	18 май	21 май	1									
9	MT3-82.1	ОПШ-15	29 май	2 июн	2									2
10	T-150	БЗС - 1,0	31 май	1 июн	2									
11	MT3-82.1	KPH-5,6	8 июн	13 июн	3									
12	MT3-82.1	ПКУ-0,8	16 июн	21 июн	1									
13	MT3-82.1	KPH-5,6	16 июн	21 июн	3									
14	MT3-82.1	KPH-5,6	22 июн	28 июн	3									
15	0	КСК-Ф- 250	5 авг	16 авг	3									
16	T-150	Д3-42Г	5 авг	16 авг	1									
17	MT3-1221	ЛДГ-10Б	12 авг	21 авг	3				,	,				

^{*}Например по 6,7 работам имеется перекрытие – работают 4 трактора МТЗ-82.1. Формула в этой ячейке следующая

Рисунок 13 — Фрагмент вспомогательной матрицы расчета количества тракторов и CXM с учетом перекрытия по срокам

⁼ ECЛИ(\$E\$6=\$B\$12;ECЛИ(\$B\$12=\$B13;ECЛИ(\$D\$12<=\$D13;ECЛИ(\$D12<=\$E\$13;\$F12;"");"");"")

Результаты расчетов вспомогательных матриц являются входной информацией для оптимизационной модели состава механизированного технологического комплекса по допустимому расписанию.

Оптимальным составом механизированного технологического комплекса будет тот, который обеспечивает минимальные комплексные затраты при выращивании продукции растениеводства в совокупности складывающихся погодно-производственных условий. Выбрав механизированный технологический комплекс года-аналога по минимальным комплексным затратам, каким является умеренно-теплый, осуществляем распределение технических средств внутри хозяйства. На рис. 14 представлен фрагмент модели распределения технических средств, где комплексные затраты механизированного технологического комплекса хозяйства после оптимизации и распределения снижаются.

По результатам исследований выявлено, что количество техники в оптимальном машинно-тракторном парке может быть больше необходимого в год-аналог. Таким образом, с целью исключения издержек (косвенных затрат), связанных с простоем машин, эту часть парка, которая является незадействованной, необходимо использовать вне агрофирмы. Целесообразно передать её мобильному формированию (машинно-технологической станции). Что же касается тракторов, то в хозяйствах их количество необходимо оставлять на уровне занятости, которая постоянно существует в растениеводстве.

	Работы с Т-150	Трак торы Т-150	Рабо- ты с Т- 150К	Трак- торы Т- 150К	Рабо- ты с МТ3- 1221	Трак- торы МТЗ- 1221	Рабо- ты с МТЗ- 82.1	Трак- торы МТЗ- 82.1	Работы на комбай- не CLAAS	Ком- байн CLAAS	Ком- плекс- ные затраты				1
1	29	4	43	9	57	8	72	6	4	4	17534	ЦΦ			Количе-
											1	17534	тыс. руб.		ство
															тракто-
												1630	=	1630	ров
												325	=	130	из
												130	=	130	вспомо-
												32600	=	3260 0	гатель-
												3260	=	1630	ных
												2716,5	=	1630	матриц
420,0												420	=	420	
		1										4	=	4	T-150
				1								9	=	9	Т-150К
						1						8	=	8	MT3-1221
								1				6	=	6	MT3-82.1
										1		4	=	4	GLAAS
401,0											-1	0	=	0	

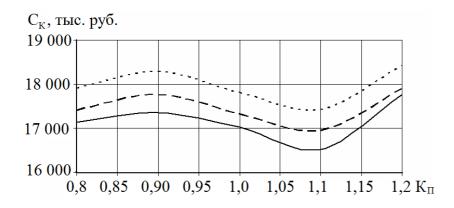
Рисунок 14 – Фрагмент оптимизационной модели МТП (по допустимому расписанию)

В табл. 9 и рис. 15 представлены результаты оптимизации технических ресурсов и комплексных затрат в OOO «Агрофирма "Борская"».

Таблица 9 — Упорядочение работ, выполняемых тракторами MT3-82.1 в условиях умеренно-теплого года (фрагмент)

Наименование работ		гракторные гаты		(о упорядоч корректиро		После упорядочения (корректировки)			
			сроки проведения работ		количест- во, шт	сроки проведения работ		количе- ство, шт	
Приготовление раствора и опрыскивание поля	MT3-82.1	ОПШ-15	10 май	15 май	2	10 май	16 май	2	
Погрузка семян и минеральных удобрений (250+50)	MT3-82.1	ПКУ-0,8	16 май	21 май	1	16 май	24 май	1	
Посев с одновременным внесением мин. удобрений	MT3-82.1	СУПН-8	16 май	21 май	4	16 май	24 май	3	
Приготовление раствора и опрыскивание поля	MT3-82.1	ОПШ-15	29 май	3 июн	2	29 май	4 июн	2	
Первое рыхления междурядий	MT3-82.1	КРН-5,6	8 июн	14 июн	3	8 июн	16 июн	3	
Погрузка минеральных удобрений (250 кг/га)	MT3-82.1	ПКУ-0,8	16 июн	22 июн	1	16 июн	22 июн	1	
Второе рыхление междурядий с внесением минеральных удобрений	MT3-82.1	КРН-5,6	16 июн	22 июн	3	16 июн	24 июн	3	
Культивация с одновременным внесением гербицидов	MT3-82.1	КРН-5,6	20 июн	27 июн	3	22 июн	29 июн	3	
Погрузка минеральных удобрений (аммофос 1,5ц/га+ калийная соль 2ц/га)	MT3-82.1	ПЭФ-1Б	5 авг	6 авг	1	5 авг	6 авг	1	
Боронование зяби в два следа	MT3-82.1	БЗС - 1,0	23 апр	26 апр	1	23 апр	26 апр	1	

Имитационное моделирование позволило определить оптимальный для каждого сезона состав механизированного технологического комплекса. В табл. 10 представлены сезонные потребности в механизаторских кадрах и тракторах ООО «Агрофирмы "Борская"». Наименьшие комплексные затраты (рис. 15) соответствуют умеренно-теплому году-аналогу K_{Π} =1,1 при двухсменной работе. Наибольшие комплексные затраты соответствуют теплому году-аналогу K_{Π} =1,2 при односменной работе из-за быстрого созревания культур, сокращения сроков и увеличения темпов работ, а следовательно, увеличения состава механизированных технологических комплексов. Для сезонных работ следует использовать полуторасменный режим работы.



$$- K_{CM} = 1;$$

$$- K_{CM} = 1,43;$$

$$- K_{CM} = 2,0.$$

Рисунок 15 — Комплексные затраты при производстве продукции растениеводства в зависимости от коэффициента K_{Π}

Таблица 10 – Сезонные потребности в механизаторских кадрах и

тракторах агрофирмы

Год-аналог	Механизаторы, чел.	Тракторы, шт.			
		MT3-82.1	Т-150К	T-150	MT3-1221
Холодный	46	22	8	9	7
Умеренно-холодный	41	22	7	6	6
Средний	42	26	8	7	6
Умеренно-теплый	34	27	9	8	6
Теплый	43	29	10	9	8

Для определения оптимального состава механизированного технологического комплекса проводилось имитационное моделирование с «погружением» в каждый год-аналог. Каждый из пяти оптимальных механизированных технологических комплексов «погружался» в условия холодного, умеренно-холодного, среднего, умеренно-теплого и теплого типовых годов.

Результаты имитационного моделирования представлены в табл. 11.

Таблица 11 — Комплексные затраты при «погружении» оптимальных для типовых сезонов механизированных технологических комплексов в условия каждого сезона

Сезон-	Средняя вероят- ность на- ступления	Оптимальный состав механизированного технологического комплекса для сезона-аналога					
		Комплексные затраты, тыс. руб Умеренно- Умеренно- Умеренно- Талий					
	сезона- аналога, %	Холодный	холодный	Средний	теплый	Теплый	
Холодный	6,9	16 679	19 770	17 149	17 307	17 531	
Умеренно- холодный	24,3	17 353	16 613	16 881	17 330	17 541	
Средний	34,9	20 034	20 817	16 941	17 362	17 565	
Умеренно- теплый	28,1	24 680	26 166	20 986	17 366	17 985	
Теплый	6,0	28 530	29 670	25 194	19 829	17 854	
Холодный	Затраты	1151	1364	1183	1194	1210	
Умеренно- холодный	взвешен-	4217	4037	4102	4211	4262	
Средний	вероятно- сти на-	6992	7265	5912	6059	6130	
Умеренно- теплый	ступле-	6935	7353	5897	4880	5054	
Теплый	на- аналога	1712	1780	1512	1190	1071	
Средневзвешенные		21006	21799	18606	17534	17727	
Совокупны		атегического механизированного техического комплекса			17534		

Анализ результатов имитационного моделирования и статистической игры показал, что рассчитанный состав механизированных технологических комплексов по умеренно-теплым погодным условиям является лучшим для использования во все типовые сезоны в данном хозяйстве.

В ходе упорядочения параллельных процессов, удалось снизить потребность в тракторах стратегического парка с 56,8 у.э.т до 52,8 у.э.т., при этом экономия только амортизационных отчислений составила 288 тыс. руб./год. Совокупные потери от несвоевременности начала работ и затягивания их проведения составили 382 тыс. руб./год.

Биологические потери урожая, связанные с периодами выполнения полевых работ, имеют следующие составляющие:

$$\Pi_{\nu} = \Pi_H + \Pi_P + \Pi_M \,, \tag{19}$$

где $\Pi_{\scriptscriptstyle V}$ - биологические потери урожая, руб.; $\Pi_{\scriptscriptstyle H}$ -биологические потери урожая от несвоевременности начала работ, руб.; $\Pi_{\scriptscriptstyle P}$ - биологические потери урожая во время работы агрегатов, руб.; $\Pi_{\scriptscriptstyle M}$ - биологические потери урожая во время простоев агрегатов по погодным условиям при производстве работ, руб.

Общие биологические потери урожая при сезонном использовании машинно-тракторного парка будут выражаться следующей зависимостью:

$$\Pi_{v} = \Pi_{P} + \Pi_{M} = Y \mathcal{L} K_{v} Q \Delta t_{\kappa} K_{\Pi i} (1 - K_{M i}) + 0.5 Y \mathcal{L} K_{v} Q \Delta t_{\kappa} K_{\Pi i}. \tag{20}$$

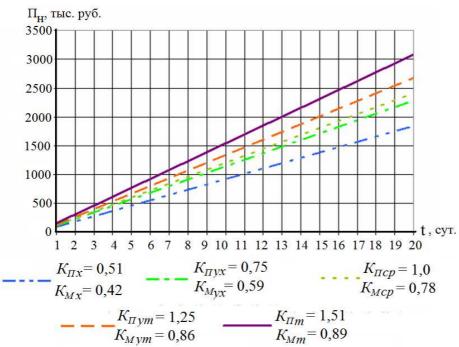


Рисунок 16 – Потери в ходе выполнения полевых работ (посев овса)

Погодные факторы каждого сезона-аналога, характеризующиеся своими коэффициентами $K_{\Pi i}$ и $K_{M i}$, определяют (по величине потерь в затратах) особенности сезонного использования МТК (рис. 16).

Экономическая эффективность (табл. 12) проведенных исследований получена за счет снижения комплексных затрат базовых составов механизированных технологических комплексов

ООО «Агрофирма "Борская"» и проектируемых оптимальных составов.

Таблица 12— Экономическая эффективность оптимизации сезонного использования механизированных технологических комплексов в растениеводстве

Предприятие	Годовой экономи- ческий эффект, тыс. руб.		Потери, тыс. руб.		Комплексные за- траты, тыс. руб.	
	ожидае- мый	факти- ческий	ожидае- мые	фак- тиче- ские	базо- вый парк	оптималь- ный парк
ООО «Агро- фирма "Борская"»	2138	1937	236	382	20726	19343

Экономическая эффективность оптимизации сезонных механизированных технологических комплексов в растениеводстве, на предприятиях АПК, подтвержденная актами внедрения в 2007-2009 гг., составила 5345 тыс. руб.

Общие выводы

1. Анализ эффективности механизированных технологических комплексов в растениеводстве показал, что из-за отсутствия методов их адаптации складывающимся условиям сезонов существующие методы их использования ориентированы на средние климатические условия и нормативные эксплуатационные показатели работы технических средств. Сложность принятия решений при информационной неопределенности приводит к неплановым нарушениям сроков и изменениям технологий производства работ с потерями валовой продукции до 25 % и более, что свидетельствует о необходимости совершенствования методов использования механизированных технологических комплексов с целью повышения их эффективности. Главным направлением исследований принят переход от выработки решений в условиях неопределенности к выработке решений с вероятностным риском. Обоснованы периоды использования механизированных технологических комплексов по условиям функционирования производственных процессов в растениеводстве. В основу аргументации положены функции роста растений, связывающие в общем виде сухую массу вещества и время его накопления по фазам развития. В качестве переменных в уравнениях регрессии длительностей фаз и межфазных периодов оказались приемлемыми длительность светового дня, средняя за фазу температура воздуха, количество осадков и продуктивная влага в метровом слое почвы. По теории множеств оператором осуществляются подобные преобразования эмпирических функций развития фенологических фаз во временные функции проведения определенных работ механизированными технологическими комплексами. Оправдываемость прогнозов достигает 70%. Для условий проведения работ обоснованы коэффициенты подобия теплообеспеченности и коэффициенты погодности. Разработаны алгоритмы дифференциации этих коэффициентов по типовым условиям холодного, умеренно-холодного, среднего, умеренно-теплого, теплого годов-аналогов. Установлено, что значения коэффициентов не выходят за пределы условий года-аналога на протяжении 30...40 дней весной и 40...60 и более дней летом и осенью. В среднем период времени в 30 дней предложено считать горизонтом прогнозирования, заблаговременностью планирования или временем принятия решений по комплектованию и использованию механизированных технологических комплексов. В качестве параметра, указывающего на принадлежность текущего года к определенному году-аналогу, принят действительный коэффициент подобия теплообеспеченности. Для предстоящего сезона работ он определяется заблаговременно как отношение текущей теплообеспеченности к средней многолетней.

2. Разработана экономико-математическая модель оптимизации состава и показателей использования механизированных технологических комплексов в растениеводстве.

В качестве критерия оптимизации принят минимум комплексных затрат, которые учитывают эксплуатационные затраты, потери урожая при изменении продолжительности работ, нормативную эффективность технических и трудовых ресурсов. Численные алгоритмы модели позволяют подтвердить сезонные начало, сочетание, длительность и темпы выполнения работ; сменность использования; техническую оснащенность и трудообеспеченность процессов. По годам-аналогам темпы выполнения работ отличаются от среднемноголетних на 10 - 40%, техническая оснащенность на 2-3% на 1000 гектар пашни. Решена задача составления и упорядочения допустимого расписания параллельных производственных процессов. При этом потребность в тракторах снизилась с 56,8 у.э.тр. до 52,8 у.э.тр. Испытание предлагаемой экономико-математической модели методом «погружения» в условия годованалогов доказало её адекватность реальным условиям производства: наибольшая чувствительность модели к изменению коэффициента погодности и коэффициента подобия теплообеспеченности достигается по откликам потерь урожая, количеству техники, затратам на трудовые ресурсы при сравнимости изменений значений откликов по комплексным затратам. В ООО «Агрофирма "Борская"» уточнены сроки полевых работ на 20%, сокращены простои МТП по организационным причинам на 17% и затраты на эксплуатацию техники на 12 %.

- 3. Разработанная методика определения стратегического состава МТП предприятий АПК для формирования механизированных технологических комплексов с учетом вероятностей наступления каждого года-аналога позволяет снизить комплексные затраты на 25-30%. Разработана методика выбора типичного хозяйства для определения технической оснащенности по условиям использования механизированных технологических комплексов в агропочвенных районах Нижегородской области. Разработана методика определения предподчительности видов работ и агрегатов в напряженные периоды с целью снижения потерь продукции.
- 4. Анализ экспериментальных данных и результаты имитационного моделирования показали, что предпочтительными критериями оптимизации оказались следующие: при распределении агрегатов по работам в сущест-

вующем парке машин является минимум эксплуатационных затрат; при формировании МТП предприятия — минимум приведенных затрат; при выборе технологий — минимум дифференциальных затрат (с учетом потерь); при оценке работы всего МТП предприятия с учетом эффективности труда механизаторов — минимум комплексных затрат. Определено влияние метеоусловий на эксплуатационные показатели работы машинно-тракторных агрегатов. Расход топлива с 5,7 кг/га в теплый сезон возрастает до 9,7кг/га в холодный сезон, производительность относительно среднего сезона уменьшается в холодный год на 14% и возрастает в теплый сезон на 18 %. С увеличением коэффициента подобия с 0,8 до 1,2 производительность увеличивается в 1,3 раза. Установлен коэффициент адаптации потребности удобрений по Нижегородской области и Борскому району по годам-аналогам, который позволяет корректировать дозу внесения удобрений (до 15 %) и технологии их внесения.

Внедрение методов оптимизации сезонного использования механизированных технологических комплексов в производственных процессах растениеводства позволяет в 1,3...1,4 раза повысить производительность труда с 13...15% -ным снижением комплексных затрат.

На примере ООО «Агрофирма "Борская"» годовой экономический эффект от внедрения интенсивных методов использования технологических комплексов составил 1937 тыс. рублей при снижении комплексных затрат на 1707 тыс. рублей.

Рекомендации

С целью повышения эффективности использования механизированных технологических комплексов в растениеводстве рекомендуется:

- использовать в существующих программах планирования работы механизированных технологических комплексов прогнозную информацию метеослужб по складывающимся условиям текущего сезона для заблаговременного определения сроков и темпов проведения работ;
- выбор технологий, расчеты объемов и сроков внесения удобрений проводить в соответствии с коэффициентом адаптации потребности в удобрениях для данного типа сезона;
- использовать нормативы и рекомендации, разработанные совместно с НТС Госагропрома РСФСР для определения потребности в сельскохозяйственной технике по годам-аналогам;
- корректировать типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в соответствии с коэффициентами погодности и подобия теплообеспеченности;
- использовать предлагаемую методику определения предподчительности видов работ и агрегатов в напряженные периоды функционирования механизированных технологических комплексов с целью снижения потерь продукции;

- применять разработанную методику определения стратегического состава машинно-тракторного парка с учетом вероятностей наступления годованалогов в предприятиях АПК для формирования механизированных технологических комплексов.

Основные результаты исследований опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

- 1. Пасин, А.В. Сезонное расписание и темпы выполнения полевых механизированных работ [Текст] / А.В. Пасин, Б.А. Арютов, А.И. Новожилов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. №11. С. 2—4.
- 2. Арютов, Б.А. Повышение эффективности производственных процессов в растениеводстве [Текст] / Б.А. Арютов, А.И. Новожилов, А.В. Пасин // Техника в сельском хозяйстве. 2007. N = 6. C.50 51.
- 3. Применение теории графов к формированию технолого-технических ресурсов в растениеводстве [Текст] / А.В. Пасин, А.И. Новожилов, Л.А. Кистанова, А.Ю. Еремин, А.А. Потоцкий, Е.А. Лукашин // Вестн. ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. Серия Агроинженерия. 2010. № 1 (40). С.43 46.
- 4. Результаты реализации методов повышения эффективности механизированных производственных процессов по условиям их функционирования в растениеводстве [Текст] / А.Н. Важенин, Б.А. Арютов, А.В. Пасин, А.И. Новожилов // Вестн. ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. Серия Агроинженерия. − 2010. − № 2 (41). − С. 69 − 71.
- 5. Новожилов, А.И. Модель машинно-тракторного агрегата [Текст] / А.И. Новожилов, Б.А. Арютов, Е.А. Лукашин, А.А. Потоцкий // Вестн. Курск. ГСХА. 2010. № 5. С. 80-81.
- 6. Новожилов, А.И. Системное обоснование сезонного использования технологических комплексов по внесению удобрений [Текст] / А.И. Новожилов, А.Н. Важенин, Е.А. Лукашин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2010. № 4. С. 54 57.
- 7. Новожилов, А.И. Совершенствование процессов технического обслуживания автотракторной техники в сельском хозяйстве [Текст] / А.И. Новожилов, Н.Р. Мусин // Вектор науки Тольят. гос. ун-та. $-2011.- \mathbb{N} 1.- \mathbb{C}.$ 87 -93.
- 8. Новожилов, А.И. Функция роста сельскохозяйственных культур в проектировании сезонного использования механизированных технологических комплексов [Текст] / А.И. Новожилов, Б.А. Арютов, Е.А. Лукашин // Вестн. Курск. ГСХА. 2011. № 1. С.75 78.
- 9. Новожилов, А.И. Статистическая оценка надежности машинно-тракторных агрегатов [Текст] / А.И. Новожилов, Б.А. Арютов, А.А. Тихонов // Вестн. Ульян. ГСХА. 2011. № 2 (14). C. 108 111.
- 10. Новожилов, А.И. К вопросу о целесообразности использования импортной техники [Текст] / А.И. Новожилов, Р.В. Кошелев, А.Ю. Еремин // Вестн. Воронеж. гос. аграрного ун-та. -2011. -№ 2 (29). C. 49 52.
- 11. Новожилов, А.И. Особенности интенсивных методов сезонного использования технологических комплексов в растениеводстве [Текст] /А.И. Новожилов, А.Н. Важенин, Е.А. Лукашин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2011. № 3 (22). С. 60 63.
- 12. Новожилов, А.И. Определение типичного хозяйства при использовании механизированных технологических комплексов в агропочвенных районах Нижегородской области [Текст] / А.И. Новожилов // Вестн. Мич. гос. аграрного ун-та. − 2011. − № 2. − С. 8 − 10.
- 13. Новожилов, А.И. Определение предпочтительности видов работ в напряженные периоды [Текст] / А.И. Новожилов, Е.А. Лукашин //. Вестн. Мич. гос. аграрного ун-та. -2011. № 2. C. 17- 19.

- 14. Новожилов, А.И. К обоснованию интенсивных методов повышения эффективности использования механизированных технологических комплексов [Текст] / А.И. Новожилов // Вестн. Саратов. госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2011. № 7. С. 52 55.
- 15. Важенин, А.Н. Сезонное использование фонда календарного времени механизированными технологическими комплексами области [Текст] / А.Н. Важенин, А.И. Новожилов, А.А. Потоцкий // Фундаментальные исследования. 2011. № 8. С. 613 616.

Патенты на полезную модель

- 16. Патент на полезную модель № 64850 RU, 64850 U1. Сажалка картофеля [Текст] / Новожилов А.И.,. Хламов Г.В, Кистанов Д.Е., Кистанов Е.И., Козлов А.В., Засыпкин Г.П.: заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия». № 2007109128/22. Заявлено 12.03.2007. Опубл. 27.07.2007. Бюлл. № 21.
- 17. Патент на полезную модель № 66982 RU, 66982 U1. Сортировка клубнекорнеплодов [Текст] / Козлов А.В., Кистанов Е.И., Вольников А.И., Новожилов А.И., Юрасов В.С., Кистанов Д.Е., Рябкова В.В., Шаблыкин А.А.: заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия». № 2007114331/22. Заявлено 16.04.2007. Опубл. 10.10.2007. Бюлл. № 28.
- 18. Патент на полезную модель № 73043 RU, 73043 U1. Устройство для проверки масляного фильтра [Текст] / Новожилов А.И., Колпаков А.В., Мусин Н.Р., Кистанов Е.И.: заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия». № 2007130216/22. Заявлено 06.08.2007. Опубл. 10.05.2008. Бюлл. № 13.
- 19. Патент на полезную модель № 73136 RU, Устройство обработки сигналов [Текст] / Мусин Р.М., Новожилов А.И., Мусин Н.Р.: заявитель и патентообладатель ФГУП «Нижегородский НИПИ «Кварц»». № 2007143414/22. Заявлено 22.11.2007. Опубл. 10.05.2008. Бюлл. № 13.

Монографии, учебные пособия, рекомендации

- 20. Обоснование и расчет календарных темпов работы и состава технологических звеньев [Текст]: Рекомендации НТС Госагропрома РСФСР / А.Н. Важенин, Б.И. Горбунов, А.И Новожилов [и др.]. Горький: ГСХИ, 1990. 33 с.
- 21. Научно-практические основы систем земледелия Нижегородской области [Текст]: учеб. пособие, рекомендованное УМО по агрономическому образованию / В.П. Заикин, А.Н. Важенин, А.И. Новожилов [и др.]. Н. Новгород: НГСХА, 2005. 483 с.
- 22. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства [Текст]: учеб. пособие, допущено МСХ РФ для студентов высш. сельскохоз. учеб. завед., обучающихся по агрономическим спец. / Козлов А.В., Засыпкин Г.П., Меженина Е.И., А.И. Новожилов [и др.]. Н. Новгород: НГСХА, 2005. 264 с.
- 23. Важенин, А.Н. Проектирование состава и использования машинно-тракторного парка [Текст]: учеб. пособие, допущено УМО по агроинженерному образованию для студентов высш. учеб. завед., обуч. по спец. 110301 «Механизация сельского хозяйства» / А.Н. Важенин, А.В. Пасин, А.И. Новожилов. Н. Новгород: НГСХА, 2006. 132 с.
- 24. Пасин, А.В. Обоснование сезонного использования резервных технологических комплексов: монография [Текст] / А.В. Пасин, А.Н. Важенин, А.И. Новожилов. М.: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2009. 167 с.
- 25. Методы повышения эффективности механизированных производственных процессов по условиям их функционирования в растениеводстве [Текст]: учеб. пособие, допущено МСХ РФ для студентов высш. сельскохоз. учеб. завед., обучающихся по агроинженерным спец. / Б.А. Арютов, А.Н. Важенин, А.В. Пасин, А.И. Новожилов // Под ред. А.Н. Важенина. М.: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2010. 335 с.

26. Горбунов Б.И. Механизация кормопроизводства и животноводства [Текст]. Учеб. пособие, допущено МСХ РФ для студентов высш. сельскохоз. заведений. / Б.И. Горбунов, П.А. Савиных, А.И. Новожилов и др. – Н.Новгород: НГСХА, 2011. – 414 с.

Публикации в центральных журналах, сборниках научных трудов и материалах конференций

- 27. Пасин, А.В. Повышение эффективности использования машинно-тракторного парка в агрофирме [Текст] / А.В. Пасин, А.И. Новожилов, Р.В. Кошелев // Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 27 29 окт. 2004 г. Саранск : Тип. «Крас. Окт.», 2004. С. 257 261.
- 28. Оптимальные параметры ситуационного использования сельскохозяйственной техники [Текст] / А.Н. Важенин, А.И. Новожилов, А.В. Пасин [и др.]. // Современные проблемы почвозащитного земледелия и пути повышения устойчивости зернового производства в степных регионах: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию РГП «НПЦ зернов. хоз. им. А.И. Бараева» МСХ РК. Шортанды, 2006. С. 225 230.
- 29. Арютов, Б.А. Учет условий функционирования производственных процессов в растениеводстве при оптимизации их технико-технологических параметров [Текст] / Б.А. Арютов, А.И. Новожилов, А.В. Пасин // Разработка и внедрение технологий и технических средств для АПК Северо-Восточного региона РФ: материалы Междунар. научляракт. конф. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2007. С. 78 81.
- 30. Новожилов, А.И. Дифференцированное раздельное комбайнирование для различных сезонных условий [Текст] / А.Ю. Еремин, Е.А. Лукашин, А.В. Пасин, А.И. Новожилов // Проблемы сельскохозяйственного производства: матер. Междунар. науч.- прак. конф. препод. и студентов по итогам 2008-2009 уч. года НГСХА Н.Новгород, 2009.— С. 52-55.
- 31. Новожилов, А.И. Обоснование сезонного использования технологических комплексов по внесению удобрений [Текст] / А.И. Новожилов // Экологические аспекты механизации производства растениеводства матер. Междунар. науч.- прак. конф. Варшава: Тип. «Светоч», 2010. С. 197 201.
- 32. Новожилов, А.И. Влияние условий функционирования технологических систем на эффективность технологий в растениеводстве [Текст] / А.И. Новожилов // Экологические аспекты механизации производства растениеводства: матер. Междунар. науч.- прак. конф. Варшава: Тип. «Светоч», 2010. С. 192 196.
- 33. Важенин, А.Н. Какой МТП нужен агрофирме? [Текст] / А.Н. Важенин, А.В. Пасин, А.И. Новожилов, Р.В. Кошелев // Сельский механизатор. 2007. № 3. С. 25 26.
- 34. К расчету потребности хозяйств Горьковской области в сельскохозяйственной технике [Текст] / А.Н. Важенин, В.Е. Береснев, А.И. Новожилов [и др.] // Исследование эксплуатационных качеств тракторов и автомобилей: T.155.- Горький: Γ СХИ, 1981. С. 120-128.
- 35. Повышение эффективности машиноиспользования на основе технических средств управления в совхозе «Полянский» Д-Константиновского района Горьковской области [Текст] / А.Н. Важенин, В.И. Шухрин, М.М. Борисов, Б.И. Горбунов, А.И. Новожилов // Разработать эффективные формы использования машинно-тракторного парка в Горьковской области: Отчет о НИР / Горьковский сельскохозяйственный институт (ГСХИ); Руководитель В.И. Шухрин. N ГР 81003805. Горький, 1981. 82 с.
- 36. Повышение эффективности машиноиспользования на основе технических средств управления в совхозе «Ломовский» Арзамасского района Горьковской области [Текст] / А.Н. Важенин, В.И. Шухрин, М.М. Борисов, А.И. Новожилов, Б.И. Горбунов // Разработать эффективные формы организации использования машинно-тракторного парка в Горьковской области: Отчет о НИР / Горьковский сельскохозяйственный институт (ГСХИ); Руководитель В.И. Шухрин. № ГР 81076126. Горький, 1982. 75 с.

- 37. Новожилов, А.И. Расчет состава машин для внесения удобрений [Текст] / А.И. Новожилов, В.И. Шухрин // Совершенствование методов использования и ТО МТП: сб. науч. тр. ГСХИ. Горький: ГСХИ, 1983. С. 63 64.
- 38. Новожилов, А.И. Обоснование состава машин для внесения удобрений [Текст] / А.И. Новожилов // Тезисы докладов научной конференции молодых ученых Горьковской области. Горький: $\Gamma\Gamma\Pi U$, 1984. С. 179 180.
- 39. Выбор и обоснование модели прогнозирования сезонного использования техники [Текст] / А.Н. Важенин, Б.И. Горбунов, А.И. Новожилов, А.А. Юдинцев // Проблемы эффективного использования, ТО, ремонта и хранения сельскохозяйственной техники: Тезисы докл. Всесоюзной научно-технической конференции. М.: ВАСХНИЛ, 1984. С.45 47.
- 40. Сезонное проектирование использования техники [Текст] / А.Н. Важенин, Б.И. Горбунов, А.И. Новожилов [и др.] // Тезисы докладов научно-технической конференции. Тамбов: ВИИТИН, 1985. С. 38 39.
- 41. Новожилов, А.И. Проектирование парка машин для внесения минеральных удобрений и известкования почв / А.И. Новожилов, В.И. Шухрин // Совершенствование методов организации использования МТП. Горький: ГСХИ, 1985. С. 48 52.
- 42. Обоснование состава и проектирование использования МТП при прогрессивных технологиях возделывания и уборки сельскохозяйственных культур в припроизводственных условиях колхоза «Двигатель Революции» Шатковского района, Горьковской области [Текст] / А.Н. Важенин, А.И. Новожилов, А.А. Юдинцев, Н.С. Орешков, Б.А. Арютов // Отчет о НИР / Горьковский сельскохозяйственный институт (ГСХИ); Руководитель А.Н.Важенин. № ГР 85003106. Горький, 1986. 77 с.
- 43. Новожилов, А.И. Влияние погодно-климатических условий на сроки использования машин по внесению удобрений [Текст] / А.И. Новожилов, Г.Е. Брикач, Е.В. Шаханова // Совершенствование методов использования МТП. Горький: ГСХИ, 1988. С. 46-49.
- 44. Новожилов, А.И. Методика прогнозирования благоприятных сроков внесения удобрений [Текст] / А.И. Новожилов, Г.Е. Брикач, Е.В. Шаханова // Совершенствование методов организации и использования МТП. Н. Новгород: НГСХА, 1992. С. 13 18.
- 45. Новожилов, А.И. Учет влияния температуры почвы на срок и технологию внесения удобрений [Текст] / А.И. Новожилов // Ситуационное использование техники в растениеводстве. Н. Новгород: НГСХА, 1995. С. 37 40.
- 46. Новожилов, А.И. Влияние условий сезона на выбор технологии и нормы внесения удобрений [Текст] / А.И. Новожилов // Совершенствование ситуационного использования сельскохозяйственной техники: сб. науч. тр. НГСХА. Н.Новгород: НГСХА, 1998. С. 28-31.
- 47. Новожилов, А.И. Обоснование границ эффективности применения машин и технологий внесения удобрений [Текст] / А.И. Новожилов // Совершенствование ситуационного использования сельскохозяйственной техники: сб. науч. тр. НГСХА. Н.Новгород: НГСХА, 1998. С. 19 21.
- 48. Новожилов, А.И. Влияние складывающихся условий сезона на показатели использования машин при внесении минеральных удобрений [Текст] / А.И. Новожилов, О.А. Новожилов // Совершенствование процессов механизации и использования энергии в сельскохозяйственном производстве: материалы Регион. науч.-практ. конф. Н. Новгород: НГСХА, 1999. С. 48 51.
- 49. Комплектование, доукомплектование и использование МТП в Нижегородской области [Текст] / А.Н. Важенин, А.В. Пасин, А.И. Новожилов, [и др.]. // Повышение эффективности использования энергетики и совершенствование технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: материалы регион. науч.-практ. конф. инженер. фак. НГСХА по итогам работы за 2000-2001 гг. Н. Новгород: НГСХА, 2002. С. 109 121.

- 50. Эксплуатационные показатели машинно-тракторных агрегатов при выполнении сельскохозяйственных работ [Текст]: справ. пособие / А.Н. Важенин, А.В. Пасин, А.И. Новожилов [и др.]. Н. Новгород: НГСХА, 2005. 90 с.
- 51. Новожилов, А.И. Адаптация технических средств внесения удобрений к складывающимся условиям [Текст] / А.И. Новожилов, Н.Н. Майоров // Совершенствование технико-эксплуатационных процессов энергетических средств в сельском хозяйстве и на транспорте: Сборник научных трудов / Нижегород. гос. с.-х. академия. Н. Новгород, 2007. С. 3 7.
- 52. Новожилов, А.И. Комплектование состава транспортных средств на уборке зерновых культур [Текст] / Е.Е. Черненко, А.И. Новожилов, Р.В. Кошелев // Совершенствование технико-эксплуатационных процессов энергетических средств в сельском хозяйстве и на транспорте: Сборник научных трудов / Нижегород. гос. с.-х. академия. Н. Новгород, 2007. С. 29 31.
- 53. Новожилов, А.И. Универсальный прибор для бесконтактного контроля частоты вращения [Текст] / А.И. Новожилов, Н.Н. Майоров. // Проблема сельскохозяйственного производства: матер. науч.-практ. конф. Н. Новгород: НГСХА, 2008. С. 143 147.
- 54. Пасин, А.В. Влияние сезонных условий на резерв комбайнового парка [Текст] / А.В. Пасин, А.И. Новожилов, Е.А. Лукашин // Проблемы сельскохозяйственного производства: материалы науч.-практ. конф. Н. Новгород: НГСХА, 2008. С. 147 150.
- 55. Новожилов А.И. Экспериментальные исследования неравномерности внесения органических удобрений разбрасывателем ПРТ-10 [Текст] / А.И. Новожилов, Е.А. Лукашин, С.М. Лукин, К.К. Каскин // Проблемы сельскохозяйственного производства: материалы науч.-практ. конф. студентов и преподавателей по итогам 2009-2010 г. Н. Новгород: НГСХА, 2010. С. 60.
- 56. Новожилов, А.И. Функция роста растений в основе проектирования механизированных производственных процессов [Текст] / А.Н. Важенин, Б.А. Арютов, А.И. Новожилов, А.В. Пасин // Вестник Челябинского государственной агроинженерной академии. -2011.- Том 58.- С. 22-26.