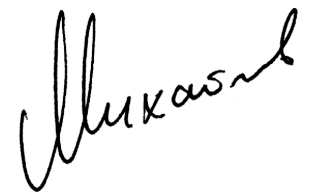


На правах рукописи



Михайлов Михаил Романович

**ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ
КОМБАЙНОВ ПО ПАРАМЕТРАМ НАДЕЖНОСТИ**

Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Орловский государственный аграрный университет»

Научный руководитель – **Жосан Артур Александрович**,
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Голубев Иван Григорьевич**, доктор технических наук,
профессор, заведующий отделом технического сервиса
ФГБНУ «Росинформагротех»;

Евтюшенков Николай Ефимович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом транспорта и погрузочно-разгрузочных работ ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства» Россельхозакадемии.

Ведущая организация – Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии).

Защита состоится 30 сентября 2013 года в 15 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 220.044.01 при ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина» по адресу: 127550, г. Москва, ул. Лиственничная аллея, д.16 а, корпус 3, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО МГАУ

Автореферат разослан «___» _____ 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



А.С. Дорохов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Состояние парка зерноуборочных комбайнов и их неэффективная эксплуатация стали одной из основных причин снижения валового сбора урожая и рентабельности производства зерновых культур. Более половины товаропроизводителей используют в своей деятельности упрощенные технологии и изношенную технику. В Государственной программе развития сельского хозяйства на 2008-2012 годы предполагалось существенное обновление парка зерноуборочных комбайнов, однако высокие темпы обновления парка на 100% были достигнуты только в 12 регионах. Новая программа развития сельского хозяйства на 2013-2020 годы предусматривает реализацию производителями сельскохозяйственной техники сельскохозяйственным товаропроизводителям 5,3 тыс. зерноуборочных комбайнов и довести к 2020 году обеспеченность аграрного комплекса комбайнами до 3,3 шт. на 1000 га зерновых посевов.

В условиях снижения численного состава и морального износа парка зерноуборочных комбайнов в сельском хозяйстве особенно актуальной становится задача повышения эффективности их использования. Особую актуальность эта задача приобретает для МТС и специализированных уборочно-транспортных комплексов, оказывающих услуги по уборке зерна на площадях с достаточно большими плечами переездов. В связи с тем, что зерноуборочные комбайны используются в течение крайне ограниченного периода сезона эксплуатации с высокой интенсивностью, необходим поиск новых методов повышения эффективности их эксплуатации.

В этих условиях возрастают требования к зерноуборочной технике по повышению оперативной готовности парка и увеличению сезонной выработки за счет оптимального распределения работ между группами комбайнов. Решение данной задачи позволит снизить эксплуатационные затраты при выполнении уборочных работ и уменьшить простои высокопроизводительных машин, связанных с устранением отказов и приводящих к затягиванию агротехнических сроков, что позволит снизить потери урожая.

Цель исследования заключается в обосновании методов повышения технической готовности парка зерноуборочных комбайнов технологического комплекса и оптимизации его использования с учетом технического состояния и сезонной нагрузки.

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

- провести анализ показателей надежности технологического комплекса зерноуборочных комбайнов с учетом технического состояния машин и производственных условий;
- разработать методику распределения зерноуборочных комбайнов по ресурсным группам;
- обосновать методику и разработать алгоритм оптимизации сезонной нагрузки на комбайн для выделенных ресурсных групп зерноуборочных комбайнов;
- обосновать методику выбора методов оптимизации сезонной нагрузки для выделенных ресурсных групп комбайнов в зависимости от коэффициента обеспеченности техникой;

- разработать программу и методику сбора экспериментальных данных и выполнить имитационное моделирование работы технологического комплекса одномарочных зерноуборочных комбайнов;
- выполнить технико-экономическую оценку рекомендаций по повышению эффективности использования парка зерноуборочных комбайнов.

Объект исследования: парк зерноуборочных комбайнов технологического комплекса.

Предмет исследования: эксплуатация парка зерноуборочных комбайнов и оптимизация его сезонной нагрузки.

Методы исследования: теоретические (системный анализ, методы оптимизации надежности и управления), общелогические (сравнение, обобщение и анализ научной литературы по проблеме исследования), статистические (обработка материалов эксперимента). Расчеты и обработка результатов экспериментальных исследований выполнялись с использованием ПЭВМ и пакета прикладных программ (Excel, SPSS).

Научная новизна заключается в разработке методики оптимизации сезонной нагрузки ресурсных групп зерноуборочных комбайнов технологического комплекса с учетом их технического состояния и условий эксплуатации.

Практическая значимость работы. Практическую ценность результатов исследования имеют:

- результаты анализа показателей надежности технологического комплекса зерноуборочных комбайнов с различными сроками эксплуатации с учетом технического состояния машин и производственных условий и методика их распределения по ресурсным группам по минимуму эксплуатационных затрат на предсезонную подготовку машин;
- методика определения потребности в зерноуборочных комбайнах с учетом дифференциации машин по ресурсным группам;
- методика и алгоритм оптимизации сезонной нагрузки на комбайн для выделенных ресурсных групп зерноуборочных комбайнов;
- методика выбора методов оптимизации сезонной нагрузки для выделенных групп комбайнов в зависимости от коэффициента обеспеченности техникой.

Апробация работы. Основные положения диссертации были доложены на всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Обеспечение устойчивого развития АПК в условиях глобального экономического кризиса» (Орел ГАУ, 2009 год), Международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК» (Орел ГАУ, 2009 год), Международной научно-практической конференции «Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства» (Орел ГАУ, 2013 год).

Реализация результатов исследования: методика распределения зерноуборочных комбайнов по ресурсным группам по минимуму эксплуатационных затрат на предсезонную подготовку машин, математическая модель оптимизации распределения сезонной нагрузки для ресурсных групп парка зерноуборочных комбайнов внедрена в учебный процесс при изучении дисциплины «Эксплуатация машинно-тракторного парка» на кафедре «Эксплуатация машинно-тракторного парка и тракторы» ФГБОУ ВПО Орловский государственный аграрный университет».

В агрофирме «Мценская» оптимизирован состав парка зерноуборочных комбайнов с учетом технического состояния по разработанной методике распределения комбайнов по ресурсным группам.

В ООО «Орловский лидер» оптимизирована сезонная нагрузка ненагруженного резерва парка зерноуборочных комбайнов на этапе уборки яровых культур.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 6 печатных работ, в том числе 4 в изданиях, включенных ВАК в перечень рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты анализа показателей надежности технологического комплекса зерноуборочных комбайнов с учетом технического состояния машин и производственных условий;

- методика распределения комбайнов по ресурсным группам зерноуборочных комбайнов;

- методика и алгоритм оптимизации сезонной нагрузки на комбайн для выделенных ресурсных групп зерноуборочных комбайнов;

- методика выбора методов оптимизации сезонной нагрузки для выделенных групп комбайнов в зависимости от коэффициента обеспеченности техникой;

- результаты экспериментальных исследований и имитационного моделирования работы технологического комплекса одномарочных зерноуборочных комбайнов;

- результаты технико-экономической оценки рекомендаций по повышению эффективности использования парка зерноуборочных комбайнов технологического комплекса.

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы определена логикой и последовательностью решения поставленных задач. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования, определены объект и предмет научного поиска, обозначена цель научной работы, раскрыты научная новизна и практическая значимость, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние проблемы и задачи исследования» дан аналитический обзор литературных источников по теме диссертации, приведены данные о состоянии парка зерноуборочных комбайнов сельскохозяйственных предприятий в Российской Федерации на современном этапе развития АПК и государственные меры по поддержке технического переоснащения отечественного парка сельскохозяйственной техники. На протяжении последних двух десятилетий наблюдается постоянное снижение количественного состава парка зерноуборочных комбайнов. Несмотря на одновременное снижение посевных площадей, уменьшение парка идет более интенсивно, что приводит к повышению нагрузки на единицу техники. В сложившихся условиях особенно актуальной становится проблема эффективного использования существующего парка зерноуборочных комбайнов.

Анализ распределения затрат на содержание и эксплуатацию современных зерноуборочных комбайнов показывает, что, несмотря на повышение производительности и энергонасыщенности, наблюдается увеличение удельных затрат на уборку сель-

скохозяйственной продукции, обусловленное повышенными амортизационными отчислениями из-за высокой первоначальной стоимости машин, особенно импортного производства. Кроме этого при выполнении уборочных работ в условиях крупных агрофирм значительны холостые переезды машин по убираемым участкам, что существенно увеличивает износ систем трансмиссии. Необходимость увеличения сезонной наработки комбайнов приводит к снижению показателей надежности, что увеличивает простои на устранение последствий отказов и приводит к увеличению биологических потерь урожая, вызванных нарушением агротехнических сроков.

Рассмотренные аспекты позволяют утверждать, что одним из путей повышения эффективности эксплуатации парка зерноуборочных комбайнов может стать изменение подхода к предсезонной подготовке машин для обеспечения безотказной работы, комплектованию парка зерноуборочных комбайнов на основе выделенных ресурсных групп, планированию и распределению их сезонной нагрузки между ресурсными группами.

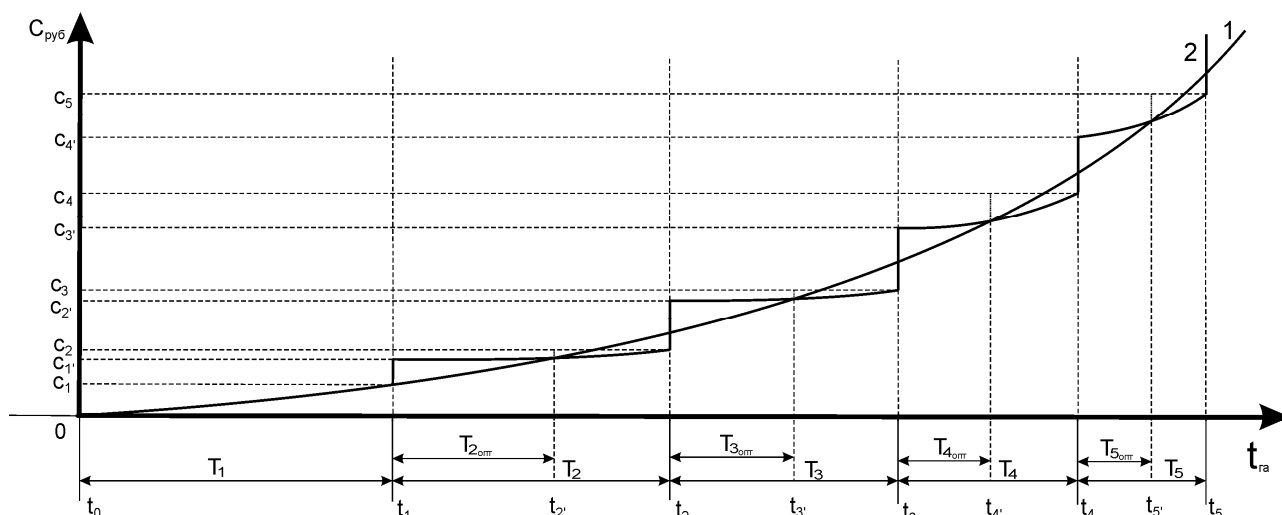
Основополагающие работы по различным аспектам производственной эксплуатации и повышению надежности машинно-тракторного парка принадлежат Бараму Х.Г., Веденяпину Г.В., Горячкину М.И., Дидманидзе О.Н., Евтюшенкову Н.Е., Ерохину М.Н., Пучину Е.А., Рабиновичу А.Ш., Киртбая Ю.К., Краснощеккову Н.В., Левшину А.Г., Линтвареву Б.А., Михлину В.М., Плаксину А.М., Скороходову А.Н., Горбачеву И.В., Халфину М.А. Черноиванову В.И., и др. Они провели исследования по влиянию различных факторов на эффективность и разработали методические основы для практического применения своих исследований.

Во второй главе диссертации «Исследование влияния показателей надежности на эффективность эксплуатации зерноуборочных комбайнов» изложены теоретические основы надежности технических систем и обоснован выбор показателей надежности применительно к решению поставленных задач. При эксплуатации зерноуборочных комбайнов наибольший интерес представляют показатели безотказности и комплексные показатели надежности.

Существующие методики определения потребности хозяйства в зерноуборочной технике не учитывают дифференциацию машин по техническому состоянию и служат только для определения усредненной количественной потребности в технике для выполнения запланированных работ. Распределение машин по ресурсным группам позволит планировать использование комбайнов с разной интенсивностью нагрузки технологических систем и трансмиссии комбайна и снижать их сезонную наработку по мере увеличения потока отказов и расходов на техническое обслуживание и ремонт (ТОР).

Особенность эксплуатации зерноуборочных комбайнов заключается в том, что они используются для крайне ограниченного количества сельскохозяйственных операций в течение ограниченного агротехнического срока. Соответственно, потери в результате отказов во время уборочного периода включают в себя не только расходы на ремонт техники, но и потери урожая из-за нарушения агротехнических сроков вследствие простоя. С учетом этого для повышения времени безотказной работы при подготовке к сезону необходимо включать не только плановые операции технического обслуживания и ремонта, но и дефектовку и замену сборочных единиц и агрегатов, не выработавших свой ресурс, но которые могут выбыть из строя в течение планируемой

сезонной наработке. Стоимость устранения последствий отказов, проведение ТОР схематично представлены на рисунке 1.



T_1, T_2, \dots, T_5 – наработка и $T_{1опт}, T_{2опт}, \dots, T_{5опт}$ – оптимальная наработка в ресурсных группах 1,2...5 с коэффициентом оперативной готовности, близким к единице; $C_{i+1} - C_i$ – стоимость устранения последствий отказов; $C_i - C_{i1}$ – стоимость ремонтных воздействий планово-предупредительной системы и технического обслуживания.

Рисунок 1 – Зависимость роста эксплуатационных расходов при устранении последствий отказов по мере их возникновения (1) и при планово-предупредительной системе ТОР (2) и определение границ ресурсных групп в зависимости от наработки

На основании анализа изменения стоимости поддержания комбайна в работоспособном состоянии, можно выделить границы ресурсных групп (РГ), основными критериями которых будут достигнутые показатели надежности при имеющейся наработке, объем ремонтных воздействий планово-предупредительной системы обслуживания, прогнозируемая сезонная наработка, а также стоимость устранения последствий отказов. Также важным фактором при расчете состава парка зерноуборочных комбайнов и планировании его сезонной нагрузки будет рыночная стоимость комбайнов для каждой из ресурсных групп, снижение которой также происходит нелинейно.

Оптимизация наработки заключается в определении границ РГ, снижении наработки за пределом снижения коэффициента оперативной готовности, что приводит к простоям комбайнов и потерям в результате нарушения агротехнических сроков. Так как сезонная эксплуатация зерноуборочных комбайнов складывается из нескольких этапов уборки различных культур или их сортов, имеющих разные сроки созревания, математически данная модель выражается:

$$C = \sum C_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

где C и C_i – прибыль, получаемая предприятием за сезон и на i -ом этапе уборки.

Прибыль, получаемая на каждом из этапов, имеет следующее выражение:

$$C_i = C_{дох_i} - (C_{раб_i} + C_{зч_i} + C_{дур_i}) \rightarrow \max, \quad (2)$$

где $C_{дох_i}$, $C_{раб_i}$, $C_{зч_i}$ и $C_{дур_i}$ – доход, получаемый от выполнения работ, стоимость расходов на устранение последствий отказа, затраты на запасные части и стоимостные потери урожая от нарушения агротехнических сроков, руб.

Количество комбайнов, требуемое на этапе f рассчитывается по формуле с учетом установленного коэффициента готовности для каждой из ресурсных групп по формуле:

$$n_f = \sum_{i=1}^n \frac{S_f}{W_f \times K_{см} \times T_{см} \times n_{днf} \times K_{Гi}}, \quad (3)$$

где S_f – площадь, убираемая на одном этапе, га; W_f – производительность, при уборке данной культуры, га/ч; $K_{см}$ – коэффициент сменности; $T_{см}$ – продолжительность смены, час; $n_{днf}$ – оптимальные агротехнические сроки уборки данной культуры.

Коэффициент обеспеченности $k_{об}$ сельскохозяйственных предприятий зерноуборочными комбайнами представляет собой отношение требуемого количества техники (в эталонных или физических единицах) к имеющемуся количеству (в эталонных или физических единицах)

$$k_{об} = \frac{n_{тр}}{n_{нал}}, \quad (4)$$

где $n_{тр}$, $n_{нал}$ – требуемое количество техники и количество техники, имеющееся в наличии, шт.

В зависимости от коэффициента обеспеченности, предприятие может иметь оптимальный $k_{об}=1$, избыточный $k_{об}>1$ или недостаточный $k_{об}<1$ состав парка зерноуборочных комбайнов. Значение данного коэффициента лежит в основе выбора метода оптимизации сезонной нагрузки для ресурсной группы комбайнов.

Для распределения оптимального состава парка в пределах собственного хозяйства, когда основной целью является соблюдение агротехнических сроков на всех уборочных площадях, применяется линейное программирование. Оптимизация производится с наименьшими стоимостными показателями, распределение нагрузки учитывает величину уборочных площадей, их удаленность и коэффициент готовности машин в РГ.

В случае превышения коэффициента обеспеченности, существует возможность выбора – оптимизация распределения нагрузки производится при помощи линейного программирования, но создается возможность значительного недоиспользования ресурса, или состав парка оптимизируется и из него выделяется ненагруженный резерв, распределение наработки которого происходит с помощью метода динамического программирования.

Метод динамического программирования применяется также в том случае, когда коэффициент обеспеченности недостаточен. При расчете оптимального распределения в формулу определения веса грани включается оценка возможных потерь от нарушения агротехнических сроков.

В общем виде алгоритм выбора математической модели оптимизации парка зерноуборочных комбайнов и распределения сезонной нагрузки представлен на рисунке 2.

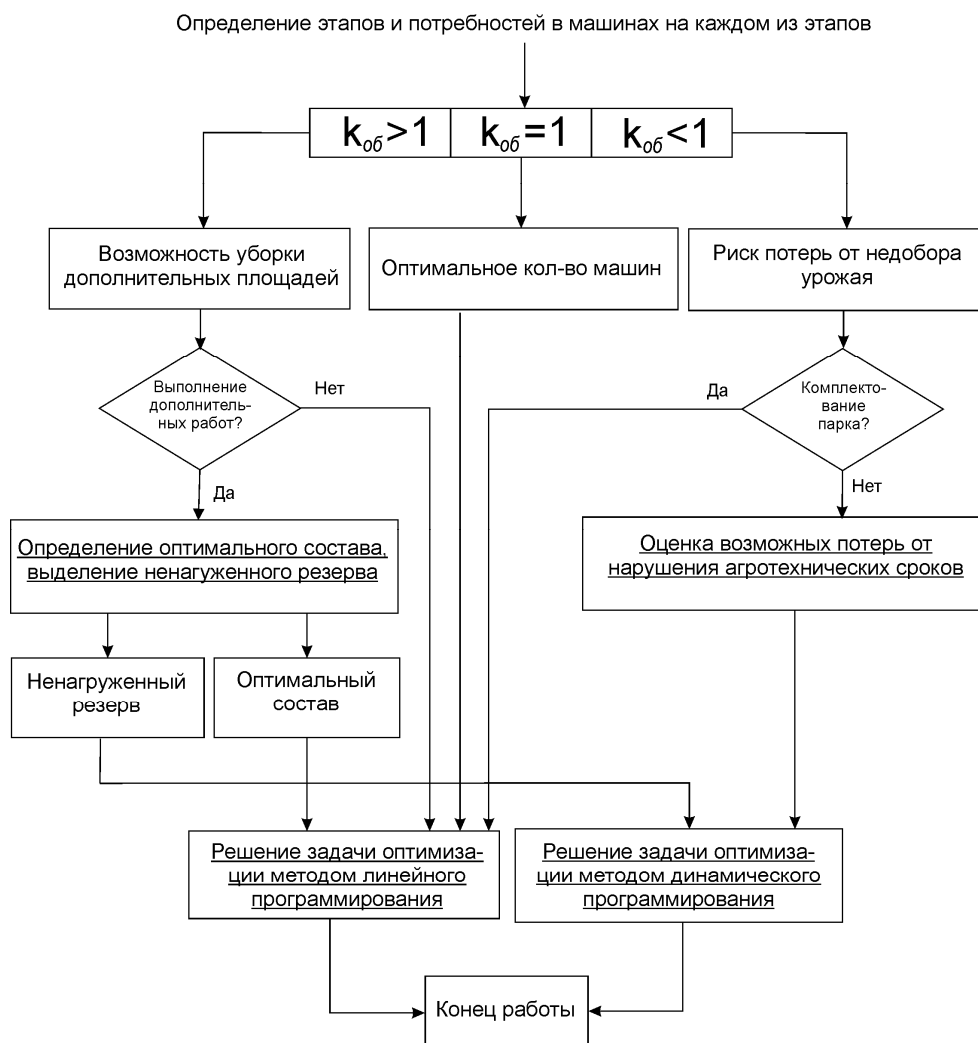


Рисунок 2 – Алгоритм оптимизации сезонной нагрузки парка зерноуборочных комбайнов

Если количество зерноуборочных комбайнов с учетом их марочного состава и технического состояния соответствует потребности предприятия, то для решения задачи распределения нагрузки с наименьшими стоимостными показателями используют симплекс-метод для линейных функций с системой ограничений (5). Для задачи с правильным балансом $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$ математическая постановка задачи заключается в определении минимального значения функции расходов на доставку комбайна до уборочных площадей:

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{ij} \rightarrow \min \quad (5)$$

при ограничениях: $\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j$; $\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i$; $x_{ij} \geq 0$ ($i=1, \dots, m$; $j=1, \dots, n$),

где a_i ($i=1, 2, \dots, m$) - прогнозируемая наработка одного комбайна, находящегося на i -ом пункте отправления; b_j ($j=1, 2, \dots, n$) - уборочная площадь на j -ом пункте назначения; c_{ij} ($i=1, 2, \dots, m$; $j=1, 2, \dots, n$) - стоимость доставки комбайна из i -го пункта от-

правления в j -ый пункт назначения; x_{ij} количество комбайнов, перевозимых из i -го пункта отправления в j -пункт назначения.

Если коэффициент обеспеченности больше единицы (см. рис.2), то из состава парка можно выделить ненагруженный резерв и использовать его за пределами хозяйства. При использовании ненагруженного резерва, оптимизация всего парка поводится при помощи математической модели линейного программирования.

Для оптимизации наработки выделяемого ненагруженного резерва, а также в случае, когда ресурс комбайна недостаточен для выполнения работ на всех этапах, необходимо определить, на каких полях работа будет наиболее выгодна. Это возможно определить путем применения метода динамического программирования, в основе которого лежит принцип оптимальности Беллмана.

Так как поля имеют разные размеры, и разную удаленность, то вес ребра при построении прямой рекуррентной прогонки определяется доходом, который получает хозяйство от выполнения данным комбайном определенной работы и расходами на транспортировку комбайна до места работы, а также стоимостными потерями от простоя во время устранения последствий возможных отказов и нарушением агротехнических сроков вследствие этого.

Рекуррентные вычисления динамического программирования можно выразить математически следующим образом. Наименьший доход $f_i(x_i)$, получаемый при уборке урожая до вершины (x_i) на этапе i :

$$f_i(x_i) = \max \{d(x_{i-1}, x_i) + f_{i-1}(x_{i-1})\}, i = 1, 2, 3, 4, \quad (6)$$

где (x_{i-1}, x_i) – все доступные маршруты.

$$d(x_{i-1}, x_i) = C_{S_{ij}} - C_{i(x_{i-1}, x_i)}, \quad (7)$$

где $C_{S_{ij}}$ – доход от уборки площади S_{ij} на i этапе j поля.

При этом на оптимизацию данного выражения накладывается ограничение $S_{ij} \leq S_{\max i}$, так как максимальная площадь, убираемая комбайном в течение одного этапа равна $S_{\max i} = W_{\text{ч}} \times K_{\text{г}} \times T \times K_{\text{см}} \times D_{\text{опт}}$, то $S_{i+1, j} = S_{\max} - S_{ij}$. При этом $S_{\max i}$ исходя из условия задачи задается в виде максимальной прогнозируемой наработки для данной РГ. $C_{i(x_{i-1}, x_i)}$ стоимость транспортировки одного комбайна от узла x_{i-1} , до узла x_i , в большей степени зависит от удаленности филиалов на $i-1$ и i этапах.

Учитывая стоимость комбайнов в РГ ($C_{A_i} = C_{P_{A_i}} + C_{CF_{A_i}}$) и стоимость технического обслуживания и ремонта в период их эксплуатации, определим оптимальный эффект от использования комбайна этой РГ по уборке представленных полей:

$$C_{\text{эф}} = f_i(x_i) - (C_{A_i} + C_{\text{ТОиР}_{A_i}} + C_{\text{экспл}}), \quad (8)$$

где C_{A_i} – стоимость комбайна в начале эксплуатации в РГ A_i ; $C_{P_{A_i}}$ – рыночная стоимость комбайна в РГ A_i ; $C_{CF_{A_i}}$ – стоимость ремонта при подготовке к сезону в РГ A_i ; $C_{\text{ТОиР}}$ – стоимость технического обслуживания и средние расходы на устранения последствий отказов в период уборки в РГ A_i ; $C_{\text{экспл}}$ – удельные расходы на эксплуатацию комбайна при уборке данной культуры.

Графическое представление алгоритма распределения сезонной нагрузки с применением средств динамического программирования представлено на рисунке 3.

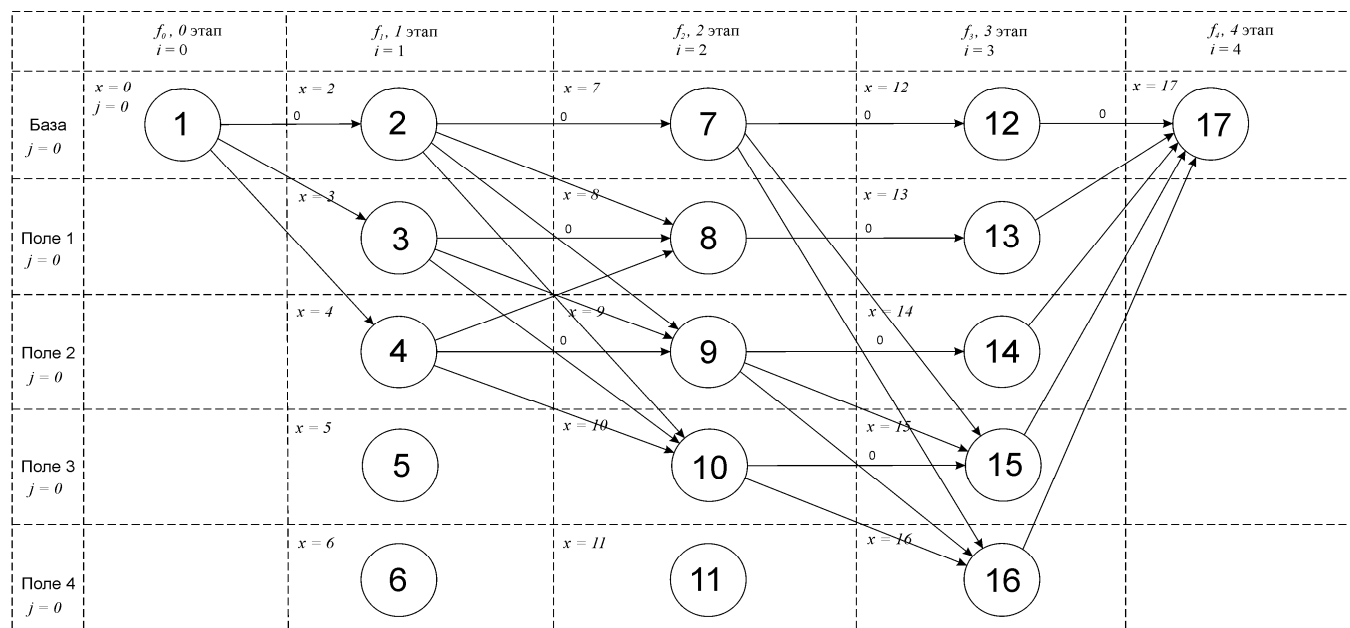


Рисунок 3 – Пример построения прямой рекуррентной прогонки динамического программирования

В третьей главе диссертации «Программа и методика проведения исследований» указаны этапы проведения исследования и дается методика его проведения.

Программа работы предусматривает сбор и обработку информации о наработке комбайнов, изменении показателей надежности в течение эксплуатации, проведении технического обслуживания и ремонтов при подготовке техники к сезону.

Эксплуатационные испытания проводились с соответствия с РД 50-690-89 по плану [NMT], согласно которому под наблюдением находилось $N=39$ комбайнов, отказавшие объекты подвергались восстановлению, и наблюдения за ними продолжались до выполнения заданного объема работ – сезонной наработки T в конкретном хозяйстве. Под наблюдение брали комбайны одной марки, выполнявшие работы в одном хозяйстве в одной климатической зоне.

На основании полученных статистических данных об увеличении трудоемкости и стоимости устранения последствий отказов и операциях ТОР были определены границы межремонтной наработки и выделены границы ресурсных групп. В пределах ресурсных групп определяли показатели надежности – среднюю наработку на отказ, среднее время восстановления, вероятность безотказной работы, коэффициент готовности по общему времени, коэффициент готовности по оперативному времени и коэффициент оперативной готовности.

Сбор информации проводился в соответствии с РД 50-204-87 и ОСТ 70.2.8.-82. Трудоемкость устранения последствий отказов, замену запасных частей и проведение операций технического обслуживания рассчитывалось в соответствии с «Указаниями по нормированию рабочего времени и кодов ошибок комбайнов New Holland серии CL/CS/CXS». Риск потерь от недобора урожая оценивали в соответствии с методическими указаниями по определению потерь от простоев машин по техническим причинам, разработанным в ГОСНИТИ.

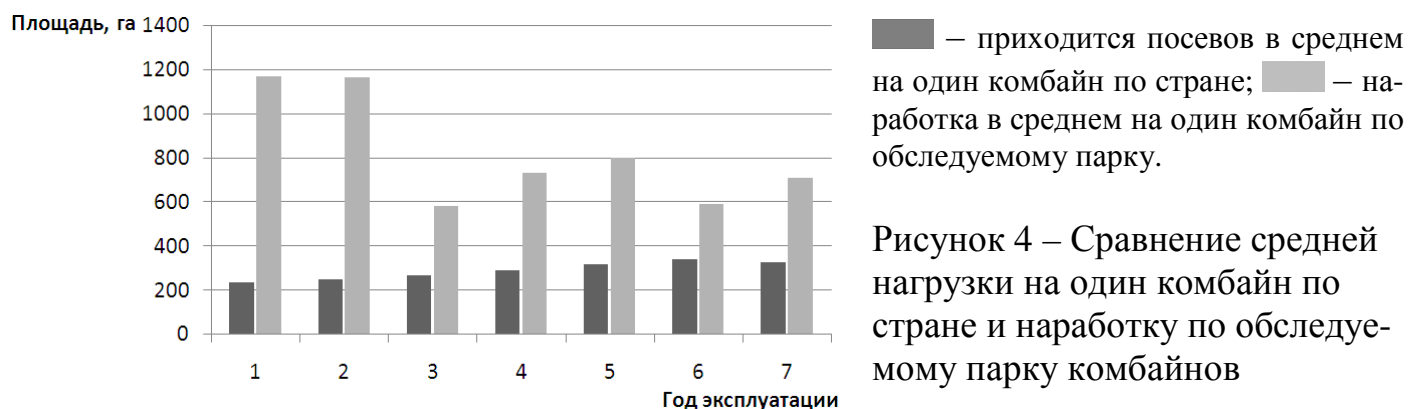
Для оценки эффективности применения математических моделей оптимизации предлагается использовать коэффициент эффективной работы ($K_{ЭР}$) как отношение годовой наработки технологических рабочих органов комбайна (ТРО) в часах к годовой наработке двигателя:

$$K_{ЭР} = \frac{MЧ_{ТРО}}{MЧ_{Дв}}, \quad (9)$$

где $K_{ЭР}$ – коэффициент эффективной работы; $MЧ_{ТРО}$ – наработка технологических рабочих органов в моточасах; $MЧ_{Дв}$ – наработка двигателя в моточасах.

В четвертой главе диссертации «Результаты исследования и их анализ» изложены основные результаты экспериментальных исследований по описанной ранее методике.

Для выбора объекта исследования был проведен анализ марочного парка зерноуборочных комбайнов Орловской области. Комбайн NH SX-840 является одним из наиболее распространенных марок зерноуборочных комбайнов. Большинство комбайнов NH SX-840 эксплуатируются в основном в МТС, что приводит к сезонной нагрузке, намного превышающей среднюю по стране при условии достаточно высокого уровня технического сервиса.



Эксплуатационные исследования проводились в условиях эксплуатации зерноуборочных комбайнов в МТС. Уборка зерновых проводилась в 8 филиалах хозяйств размерами 702...6892 га и удаленностью 5...95 км. Распределение убираемых культур по долям составило: озимая пшеница - 72%, ячмень - 22%, зерносмесь – 0,5%, овес - 1%, тритикале - 4%, рапс – 0,5%.

Анализ наработки комбайнов на начало внедрения результатов исследования представлен на рисунке 5. Из рисунка видно что, несмотря на одновременное введение в эксплуатацию и работу в идентичных условиях в одном предприятии, разница в наработке двигателя отличается в 1,82 раза, а технологических рабочих органов (ТРО) – 2,36 раза.

Из рисунка 6 и 7 видно, что разница в наработке технологических рабочих органов и двигателя составляет от 752 до 1166 моточасов, а коэффициент эффективной работы варьируется от 0,56 до 0,73. Первые два года не являются типичными для рядовой эксплуатации в условиях Орловской области. Большая разница в наработке двигателя и ТРО в этот период объясняются выполнением работ в южных регионах Российской Федерации, куда машины следовали своим ходом. Меньшая наработка в первый год объясняется тем, что при покупке техника была поставлена заводом-

изготовителем не к месту постоянного базирования, а к месту выполнения дополнительных работ.

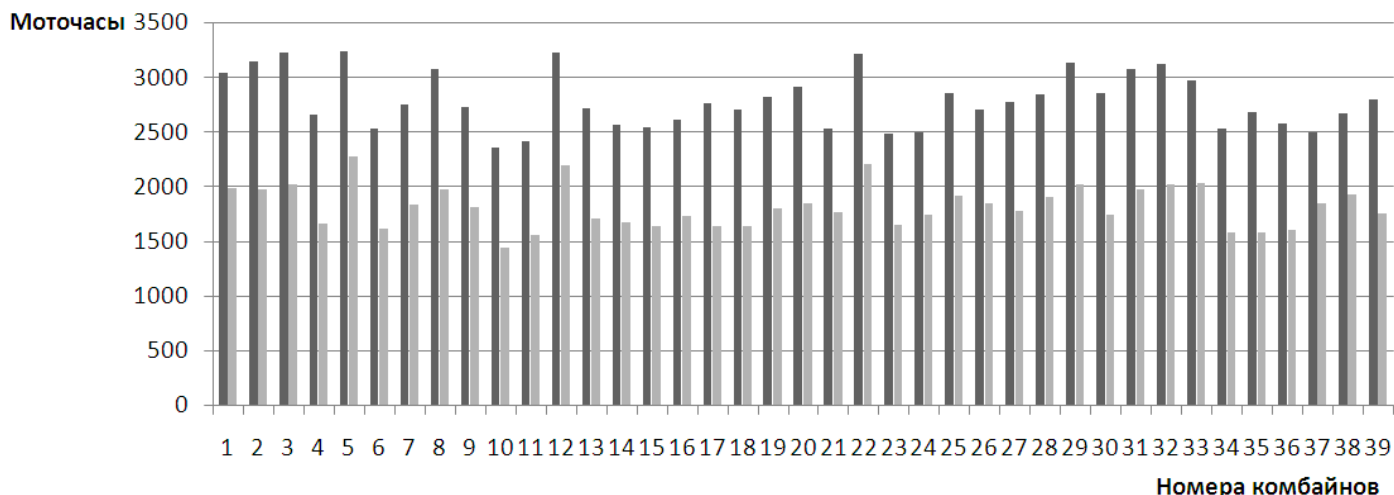


Рисунок 5 – Нарботка двигателя и ТРО по обследуемым единицам зерноуборочных комбайнов

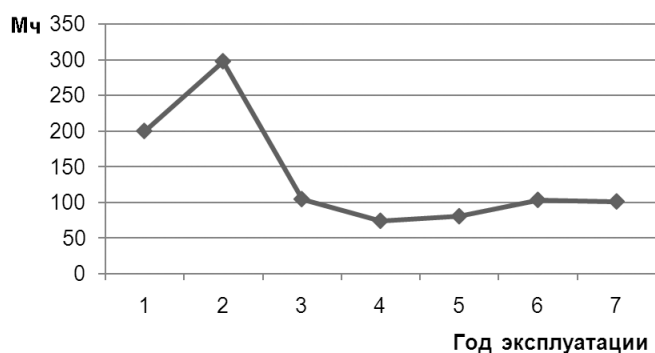


Рисунок 6 – Разница в наработке двигателя и жатки по годам исследования

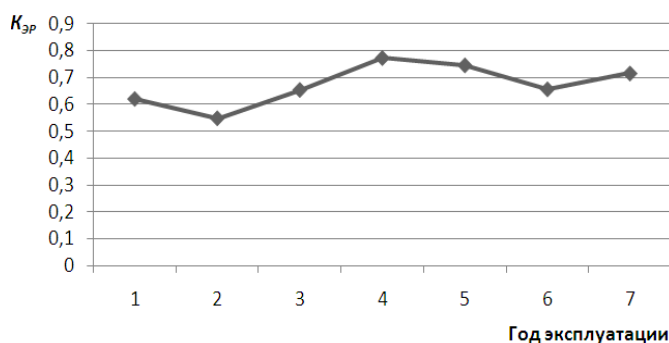
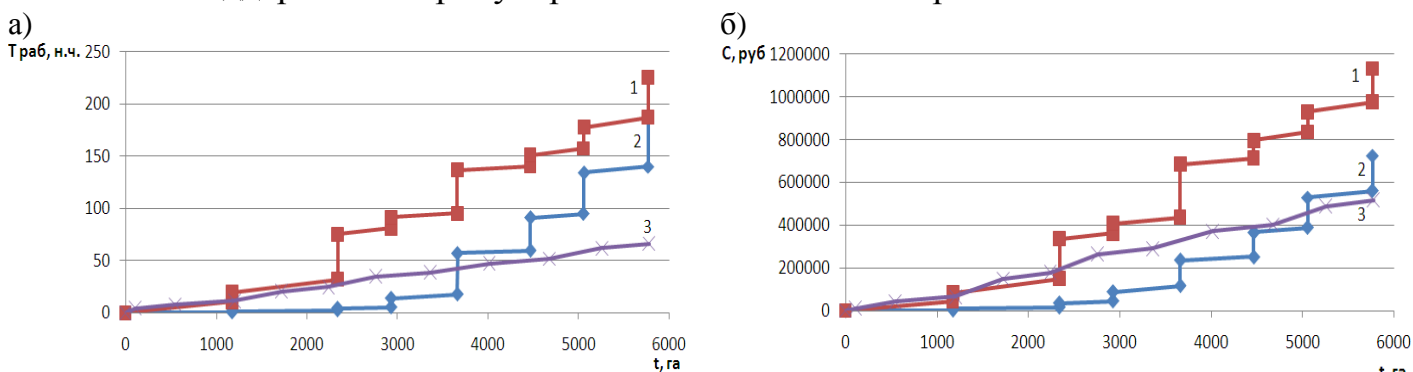


Рисунок 7 – Коэффициент эффективной работы по годам исследования

В результате подконтрольной эксплуатации был собран фактический материал, характеризующий динамику изменения трудоемкости устранения последствий отказов, технического обслуживания и ремонта и стоимости запасных частей и увеличения стоимости поддержания зерноуборочного комбайна в исправном состоянии.



1 – группа 1 (технологические рабочие органы); 2 – группа 2 (остальные сборочные единицы и агрегаты); 3 – техническое обслуживание.

Рисунок 8 – Увеличение трудоемкости (а) и стоимости (б) поддержания комбайнов в исправном состоянии и в зависимости от наработки (нарастающим итогом)

На основании анализа графиков на рисунке 8 выявляется несоответствии динамики увеличения трудоемкости устранения последствий отказов и ремонта сборочных единиц и агрегатов первой и второй группы, а также увеличения их стоимости.

Полученные сведения были обобщены в итоговом графике увеличения стоимости поддержания комбайнов в исправном состоянии.

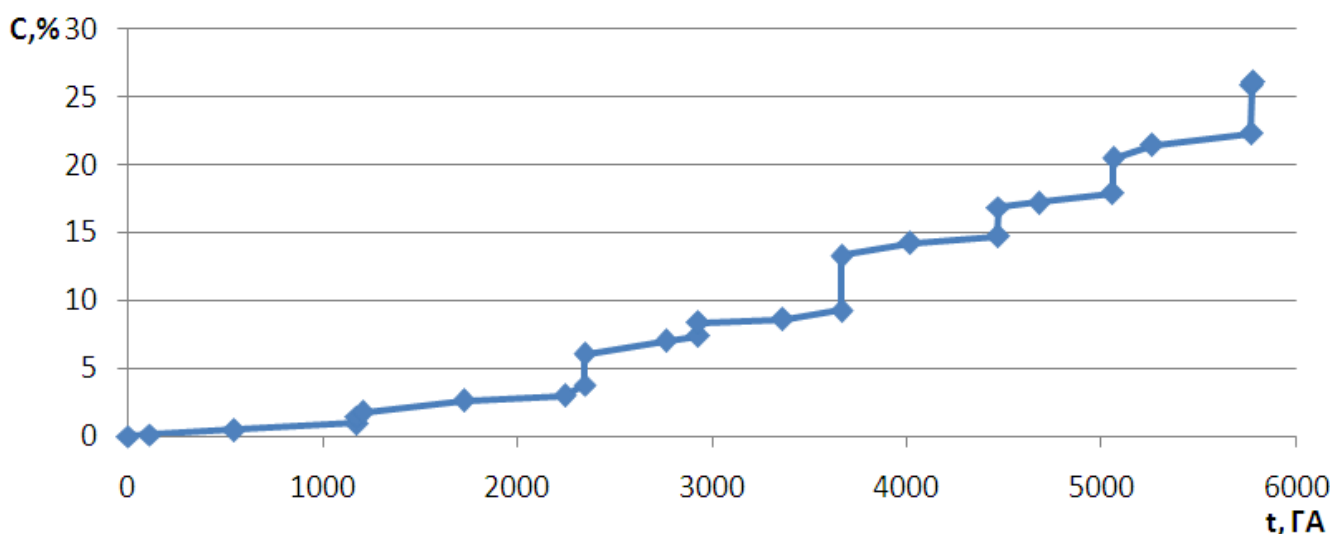


Рисунок 9 – Итоговый график увеличение стоимости поддержания комбайнов в исправном состоянии в процентах от первоначальной стоимости комбайна в зависимости от наработки в убранных объемах за весь период наблюдения.

На основе анализа данных, приведенных на рисунке 10, после первого этапа исследований были установлены параметры ресурсных групп, которые приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры ресурсных групп.

| Ресурсная группа | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|------|-------|-------|-------|-------|
| Прогнозируемая сезонная наработка, га | 2500 | 1200 | 800 | 600 | 500 |
| Коэффициент готовности по оперативному времени | 0,99 | 0,97 | 0,95 | 0,95 | 0,93 |
| Коэффициент готовности по основному времени | 0,99 | 0,98 | 0,92 | 0,88 | 0,83 |
| Рыночная стоимость, в % от начальной стоимости. | 100 | 78,26 | 70,65 | 54,13 | 43,48 |
| Стоимость подготовки к сезону, в % от начальной стоимости (нарастающим итогом) | 0 | 2,25 | 6,29 | 8,47 | 11,06 |
| Стоимость устранения последствий отказов, в % от начальной стоимости (нарастающим итогом) | 4,76 | 7,92 | 8,74 | 10,39 | 11,55 |

На этапе внедрения оптимизация эксплуатации проводилась в соответствии с разработанным алгоритмом. Дополнительные работы не выполнялись, планируемая наработка не превышала прогнозируемую. Оптимизация проводилась на этапе уборки яровых культур при помощи динамического программирования.

В пятой главе диссертации «Технико-экономические показатели применения алгоритма оптимизации сезонной нагрузки» выявлена зависимость изменения динамики количества отказов и расхода ГСМ от показателя коэффициента эффективной работы. На основании статистических данных об изменении стоимости зерноуборочного комбайна марки New-Holland CX-840 и увеличении стоимости поддержания его в

работоспособном состоянии была проведена оценка максимально целесообразной нагрузки.

В контрольной группе расход топлива на уборку одного ГА составил 13,15 литра при коэффициенте эффективной работы 0,75, а в экспериментальной группе – 12,95 литра при коэффициенте эффективной работы 0,81.

При условии снижения расхода топлива на уборку одного гектара зерновых в среднем на 0,2 литра экономическая выгода, например, при уборке площадей ООО «Орловский лидер» общим объемом 18,5 тыс. га составляет 14615 литров или в льготных ценах 2012 года – 306622 рубля.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Анализ показателей надежности технологического комплекса зерноуборочных комбайнов выявил, что с изменением технического состояния и сохранением производственных условий происходит рост количества отказов, стоимость устранения последствий отказов увеличивается в среднем на 1,5-2% от первоначальной стоимости комбайна в год.
2. Установлено, что при сохранении производственных условий и суммарной наработке 3500 га происходит резкое снижение коэффициента готовности по основному времени с 0,98 до 0,92, последующее снижение составляет 4...5% в год.
3. На основании анализа 7 лет эксплуатации разработана методика распределения зерноуборочных комбайнов на 5 ресурсных групп по относительному изменению минимума эксплуатационных затрат на предсезонную подготовку.
4. Планово-предупредительное ТОР для выделенных групп зерноуборочных комбайнов и оптимальное распределение сезонной нагрузки с учетом коэффициента эффективной работы позволяет поддерживать коэффициент готовности равным 0,98 на протяжении всего срока эксплуатации.
5. Оптимизация распределения сезонной нагрузки технологического комплекса зерноуборочных комбайнов для коэффициента обеспеченности техникой ≥ 1 позволяет снизить эксплуатационные затраты за счет сокращения плеч переездов, при коэффициенте обеспеченности техникой > 1 дает возможность выделить ненагруженный резерв техники и увеличить его нагрузку по критерию максимуму дохода от выполнения работ, а также минимизировать биологические потери убираемой культуры при коэффициенте обеспеченности < 1 .
6. Проверка имитационной модели работы технологического комплекса зерноуборочных комбайнов, направленная на снижение эксплуатационных расходов, показала вероятность схождения результатов в 4,3%.
7. Определен экономический эффект от внедрения результатов исследования. При уборке площадей ООО «Орловский лидер» общим объемом 27 тыс. га применение алгоритма оптимизации позволяет сэкономить 357606 рублей

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ,
ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:**

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Михайлов М.Р. Структура и состав МТП в отечественном сельском хозяйстве [Текст] / А. А. Жосан, С. И. Головин, М. Р. Михайлов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – №6. – С. 3–4. – ISSN 0235-8573.
2. Михайлов М.Р. Анализ эксплуатации зарубежной техники в России [Текст] / А. А. Жосан, С. И. Головин, М. Р. Михайлов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – №4. – С. 52–53. – ISSN 0235-8573
3. Михайлов М.Р. К вопросу планирования сезонной наработки зерноуборочных комбайнов [Текст] / М.Р. Михайлов, А.А. Жосан // Вестник Орел ГАУ. – 2011. – №2 (29). – С. 63-65. – ISSN 1990-3618.
4. Михайлов М.Р. К вопросу выбора математической модели оптимизации сезонной нагрузки зерноуборочных комбайнов в зависимости от их технического состояния [Текст] / М.Р. Михайлов // Вестник Орел ГАУ. – 2013. – №1 (40). – С. 21-28. – ISSN 1990-3618.

Публикации в сборниках научных трудов и материалах конференций:

1. Михайлов М.Р. Эффективность эксплуатации зарубежной сельскохозяйственной техники в России [Текст] / А.А. Жосан, М. Р. Михайлов, С. И. Головин // Обеспечение устойчивого развития АПК в условиях глобального кризиса: Сб. материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых, январь 2009. – Орел: Орел ГАУ, 2009. – 208 с. – С. 108-112.
2. Михайлов М.Р. Перспективы импорта сельскохозяйственной техники [Текст] / А.А. Жосан, С. И. Головин, М. Р. Михайлов, С.Вальтер // Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК: Сб. материалов Международной научно-практической конференции, март 2009. – Орел: Орел ГАУ, 2009. – 208 с. – С. 35-38.