

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 330.46:330.101.541(476)

ЕФРЕМОВ  
АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
НА ОСНОВЕ ДВУХУРОВНЕВОГО КОМПЛЕКСА  
МОДЕЛЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук  
по специальности 08.00.13 — математические и инструментальные  
методы экономики**

Минск, 2019

Научная работа выполнена в УО «Белорусский государственный экономический университет»

Научный руководитель                      Аксень Эрнест Маврициевич, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры, УО «Белорусский государственный экономический университет», кафедра математических методов в экономике

Официальные оппоненты:                      Жудро Михаил Кириллович, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры, УО «Белорусский государственный экономический университет», кафедра промышленного маркетинга и коммуникаций

Цехан Ольга Борисовна, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой, УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», кафедра математического и информационного обеспечения экономических систем

Оппонирующая организация                      УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»

Защита состоится 17 мая 2019 г. в 14.30 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.07.02 при УО «Белорусский государственный экономический университет» по адресу: 220070, Минск, просп. Партизанский, 26, ауд. 205 (1-й учеб. корпус), тел. 209-79-56.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусский государственный экономический университет».

Автореферат разослан 10 апреля 2019 года.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций

Миксюк С. Ф.

## ВВЕДЕНИЕ

Государственная политика Республики Беларусь в агропромышленном комплексе (АПК) на современном этапе развития направлена в первую очередь на повышение эффективности и конкурентоспособности сельского хозяйства. Одним из приоритетных направлений повышения эффективности АПК Республики Беларусь в настоящее время остается механизация сельского хозяйства.

Значимость машинно-тракторного парка (далее — МТП) и его влияние на экономическую составляющую растениеводства и животноводства обусловлена существенными предпосылками: во-первых, рациональное комплектование МТП и правильная организация его последующей эксплуатации непосредственно определяют себестоимость сельскохозяйственной продукции и в значительной степени формируют подход предприятия к использованию трудовых, топливно-энергетических, земельных и других ресурсов; во-вторых, именно МТП является одним из основных объектов инвестирования в сельском хозяйстве, так как покупка сельскохозяйственной техники и ее дальнейшее техническое обслуживание требуют наибольших по сравнению с другими элементами производственной системы финансовых вложений.

Значительный вклад в решение научной проблемы формирования и использования МТП в аграрном секторе внесли отечественные и зарубежные специалисты. Так, вопросам оптимизации комплектования МТП и его эксплуатации посвящены диссертации А.В. Ленского, Р.М. Баширова, Ю.И. Бершицкого, А.Н. Важенина, Ю.О. Горячева, Р.Р. Зайнагабдинова, В.Н. Курочкина, Р.М. Мухаметжанова, А.Н. Репетова, Р.Ш. Хабатова, В.П. Якушева.

Исследованию вопросов оценки эффективности использования ресурсов в сельскохозяйственном производстве посвящены работы белорусских и зарубежных ученых Г.М. Лыча, В.Г. Гусакова, А.С. Сайганова, Р.Г. Кравченко, М.К. Жудро, Р.К. Леньковой, И.Г. Ушачева, О.А. Звягинцевой, У. Купера, А. Чарнса, Э. Родеса и др.

Существующие в настоящее время модели оптимизации формирования и использования МТП в сельском хозяйстве характеризуются высоким уровнем научной обоснованности. В то же время остается открытым ряд проблем: сопоставление эффективности использования МТП на различных предприятиях, учет интенсивности эксплуатации сельскохозяйственной техники и специфических условий функционирования МТП при определении плановых норм выработки и себестоимости механизированных работ, выбор оптимального плана комплектования МТП, инструментальное обеспечение оптимизационных моделей большой размерности. Эти проблемы легли в основу предмета диссертационной работы.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с научными программами (проектами), темами.** Диссертационное исследование выполнено в непосредственной связи с научно-исследовательскими работами по темам «Исследование содержания и принципов эффективного менеджмента в крупнотоварных сельскохозяйственных организациях» сектора управления РНУП «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси» и «Разработка модельного комплекса устойчивого развития экономики Республики Беларусь» кафедры математических методов в экономике УО «Белорусский государственный экономический университет».

Темы и направления диссертационного исследования соответствуют:

– Перечню приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы, утвержденному постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 12 марта 2015 г. № 190;

– Стратегии развития сельского хозяйства и сельских регионов Беларуси на 2015–2020 годы, разработанной Национальной академией наук Беларуси и Министерством сельского хозяйства Республики Беларусь;

– Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 11 марта 2014 г. № 196.

**Цель и задачи исследования.** Целью данной работы является разработка двухуровневого комплекса экономико-математических моделей оптимизации машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь как инструмента повышения эффективности его формирования и использования в аграрном производстве.

Реализация поставленной цели предполагает решение следующих задач:

– предложить схему построения комплекса моделей оценки эффективности МТП сельскохозяйственных предприятий и оптимизации его формирования и использования;

– сформировать комплекс экономико-математических моделей оценки эффективности, а также оптимального формирования и использования МТП сельскохозяйственных предприятий;

– разработать методику информационного обеспечения комплекса моделей оптимизации МТП сельскохозяйственных предприятий;

– создать методику инструментального обеспечения предложенного модельного комплекса.

Объектом исследования является повышение экономической эффективности функционирования машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь; предметом — экономико-математические модели и инструментальные средства формирования и использования МТП

при выполнении взаимосвязанных механизированных работ в аграрном производстве. Выбор объекта и предмета исследования обусловлен важностью роли, которую играет МТП в сельскохозяйственном производстве, и возрастающей значимостью обоснованных управленческих решений по формированию и использованию МТП на аграрных предприятиях Республики Беларусь.

**Научная новизна** исследования заключается в развитии теоретико-методических подходов к построению комплекса моделей оценки эффективности работы МТП и оптимизации его формирования и использования в аграрном производстве. Так, в рамках диссертационного исследования соискателем: а) предложена схема построения двухуровневого комплекса моделей оценки эффективности использования МТП сельскохозяйственных предприятий; б) разработан комплекс моделей оптимизации МТП, включающий: на мезоуровне — модель оценки сравнительной экономической эффективности использования МТП, основанную на методологии анализа оболочки данных; микроуровне — базовую модель оптимизации МТП и ее модификации, учитывающие опцию пополнения и интенсивность использования ресурсов аграрного предприятия; в) разработана методика информационного обеспечения модельного комплекса, в рамках которой предложен новый подход к планированию себестоимости выполнения машинно-тракторных работ (далее — МТР), основанный на статистическом анализе и системе корректирующих коэффициентов, учитывающих специфические условия работы сельскохозяйственной техники; г) предложена методика инструментального обеспечения модельного комплекса, включающая программные модули, реализованные в системах DEAP и GAMS, которые позволяют осуществить многовариантные сценарные расчеты работы МТП и на их основе разработать практические рекомендации по повышению эффективности МТП конкретных сельскохозяйственных предприятий.

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Схема построения двухуровневого комплекса экономико-математических моделей оценки эффективности и оптимизации формирования и использования МТП сельскохозяйственной организации, которая предусматривает последовательную работу моделей мезо- и микроуровней управления: на мезоуровне — модели оценки сравнительной эффективности использования МТП сельскохозяйственной организации, основанной на концепции Парето-оптимальности, построении и анализе оболочки данных; микроуровне — моделей оптимального формирования и использования МТП сельскохозяйственной организации, включая модель с опцией пополнения и модель, учитывающую переменную интенсивность использования ресурсов. Отличительной особенностью системы моделей является увязка параметров управления мезо- и микроуровней: величины сравнительной экономической эффективности использования МТП и затрат ресурсов на его функционирование, что позволяет обеспечивать формирование структуры парка МТП с учетом критерия минимума совокупных средне-

годовых затрат при одновременном увеличении показателя сравнительной эффективности использования МТП и обуславливает достижение положительного экономического эффекта в виде снижения затрат на выполнение комплекса машинно-тракторных работ.

2. Модификации базовой модели оптимизации МТП, преобразующие ее структуру в части:

а) формирования целевой функции, в которую включены переменные, учитывающие возможность пополнения МТП новой техникой либо за счет ее закупки, либо агролизинга, что позволяет рассмотреть большее количество альтернативных вариантов формирования структуры МТП;

б) введения в модель дополнительных ограничений по объему выполнения машинно-тракторных работ в виде нелинейных неравенств, адекватно отображающих сложный характер процесса эксплуатации МТП, в частности неравномерность загрузки машинно-тракторных агрегатов (далее — МТА), что улучшает тактическое планирование с учетом фактора сезонности;

в) введения дополнительной компоненты целевой функции, отражающей различную интенсивность использования ресурсов сельскохозяйственной организации в зависимости от агротехнического периода, в том числе активной части основных средств (тракторов и комбайнов) и персонала (водителей и механизаторов).

Модифицированная оптимизационная модель МТП УСП «Новый Двор-Агро» была сведена к задаче нелинейного программирования, включающей более 1 200 000 переменных и более 1500 неравенств-ограничений.

Внедрение результатов моделирования гарантированно обеспечит положительный экономический эффект в связи с переходом от начального плана эксплуатации МТП к локально-оптимальному плану, характеризующемуся заведомо меньшей величиной совокупных среднегодовых затрат на выполнение комплекса механизированных агротехнических работ.

3. Методика информационного обеспечения комплекса моделей оптимизации МТП сельскохозяйственной организации, которая включает:

а) механизм адаптации нормативных значений экономических показателей к реальным условиям функционирования МТП сельскохозяйственных организаций, предусматривающий установление скорректированных сдельных расценок на машинно-тракторные работы;

б) формулы расчета корректирующих коэффициентов, учитывающих специфические условия работы сельскохозяйственных агрегатов в растениеводстве, в том числе полеглость хлебостоя, засоренность полей, качество выполненных механизированных работ, соблюдение сроков и др.;

в) порядок формирования и использования входной модельной информации для определения плановой себестоимости МТР и плановых норм выработки МТА.

Реализация данной методики позволяет повысить точность модельных расчетов и получить прогнозную величину показателя совокупных среднегодовых затрат на выполнение комплекса агротехнических работ, выступающего в роли основного критерия оптимальности формирования и использования МТП.

4. Методика инструментальной реализации двухуровневого комплекса моделей оптимизации МТП, основными элементами которой являются:

а) программный модуль оценки сравнительной эффективности использования МТП сельскохозяйственной организации, разработанный соискателем в системе DEAP, который позволил ранжировать ряд аграрных предприятий по степени эффективности использования МТП и выявить направления повышения этого показателя;

б) программный модуль, реализующий базовую модель оптимизации МТП и ее модификации, разработанный соискателем в системе GAMS, который позволил построить различные сценарии формирования структуры МТП и расписания его работы на примере УСП «Новый Двор-Агро» и его филиала «Азот-Агро»;

в) порядок установления экономического эффекта от внедрения модельного комплекса, который предусматривает оценку экономии совокупных среднегодовых затрат на выполнение комплекса агротехнических работ и оценку возможного повышения показателя сравнительной эффективности использования МТП.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что предлагаемый в рамках диссертационной работы новый подход к оптимизации МТП сельскохозяйственного предприятия позволит обеспечить дополнительный экономический эффект за счет рационального комплектования системы машин и их научно обоснованного распределения по агротехническим периодам с закреплением за конкретными механизированными операциями. Таким образом, можно адекватно оценить эффективность использования МТП в количественном выражении, выявить имеющиеся резервы снижения расхода основных ресурсов, а затем с помощью комплекса разработанных автором экономико-математических моделей составить оптимальный план закупок сельскохозяйственной техники и оптимальное расписание ее работы в плановом периоде.

**Личный вклад соискателя ученой степени.** Диссертация является законченным трудом, выполненным автором самостоятельно с учетом современных теоретических и методологических положений по данной научной проблематике. Основные результаты исследования получены автором лично. В совместно опубликованных работах соискателю принадлежит материал, соответствующий положениям, выносимым на защиту.

**Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов.** Результаты диссертационного исследования докладывались на научных семинарах кафедры прикладной математики и экономической кибернетики

Белорусского государственного экономического университета, а также на международных научных и научно-практических конференциях и форумах: «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке» (Харьков, 2014); «Экономическая теория в XXI веке: поиск эффективных механизмов хозяйствования» (Новополоцк, 2014); «Научные разработки молодых ученых — развитию агропромышленного комплекса» (Ставрополь, 2015); «Трансфер технологий. Реалии и перспективы» (Запорожье, 2015); «Научный потенциал молодежи — будущему Беларуси» (Пинск, 2015); «Математика, статистика и информационные технологии в экономике, управлении и образовании» (Тверь, 2015); «Антропогенная эволюция современных почв и аграрное производство в изменяющихся почвенно-климатических условиях» (Орел, 2015).

Основные результаты диссертации использованы в деятельности УСП «Новый Двор-Агро» (справка о практическом использовании научных разработок № 136 от 26.01.2016), РНУП «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси» (справки об использовании научных разработок № 400-24-11/899 от 28.12.2016 и № 400-22-11/782 от 11.12.2018) и образовательной деятельности УО «Белорусский государственный экономический университет» (акт о внедрении в учебный процесс от 22.12.2016).

**Опубликование результатов диссертации.** По результатам диссертационного исследования опубликовано 17 научных работ, из них 9 статей в рецензируемых научных журналах (из них 3 — в соавторстве), 2 — сборниках научных трудов (в соавторстве), 6 — материалах конференций (2 — в соавторстве). Объем публикаций, соответствующих п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, составляет 3,85 авторского листа.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, библиографического списка, включающего 138 наименований, и приложений. Работа изложена на 196 страницах. Объем, занимаемый 15 таблицами, 7 рисунками и 12 приложениями, составляет 88 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В первой главе «**Теоретико-методические основы оптимизации формирования и использования машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций**» выявлены особенности МТП как объекта оптимизации, выделены современные подходы к оптимизации МТП сельскохозяйственных предприятий, сформулирована концепция сравнительной эффективности эксплуатации МТП на основе математического аппарата анализа оболочки данных.

Анализ МТП аграрных предприятий Республики Беларусь позволил установить несоответствие структуры МТП поставленным перед отечественным АПК задачам и высокую степень его морального и физического износа, а также выявить тенденцию к снижению обеспеченности сельскохозяйственных организаций тракторами и комбайнами.

В связи с этим обоснована необходимость совершенствования механизма формирования МТП сельскохозяйственных производителей и его дальнейшего использования при выполнении комплекса механизированных агротехнических работ с тем, чтобы сделать этот механизм более гибким, способным адаптироваться к изменяющимся плановым заданиям и учитывающим специфику конкретных предприятий.

На основании обзора отечественных и зарубежных исследований в данной области проведена классификация подходов к оптимизации МТП сельскохозяйственных предприятий, в частности выделены традиционные (в том числе инженерные и эвристические) и оптимизационные методы, выявлены их достоинства и недостатки.

Теоретический фундамент построения модельного комплекса: концепция ресурсосбережения (в части ориентации на снижение затрат аграрного производства за счет освоения резервов экономии ресурсов), концепция бенчмаркинга (в части применения сравнительного анализа с ориентацией на передовой опыт и наилучшие отраслевые показатели), теория Парето-оптимальности (в оценке эффективности использования МТП), процессный подход (к исследованию аграрного производства как совокупности меняющихся в динамике взаимосвязанных операций).

В данной главе разработана концептуальная схема построения комплекса моделей формирования и использования МТП на мезо- и микроуровне сельскохозяйственного производства (см. рисунок).

В основе работы модельного комплекса на мезоуровне, охватывающем группу предприятий, которые объединены по географическому признаку и преобладающему направлению деятельности, лежит следующее положение: если одно предприятие, располагающее заданным набором ресурсов, способно обеспечить определенный экономический результат и поддерживать его на постоянном уровне, то другое предприятие, обладающее тем же набором ресурсов, при прочих равных условиях имеет потенциальную возможность достичь не меньшего экономического результата, чем первое.

Формализация процесса функционирования МТП на мезоуровне предполагает оценку сравнительной эффективности его использования по группе предприятий. Для этого следует обратиться к процедуре построения и анализа оболочки данных (Data Envelopment Analysis — DEA), которая базируется на мелко-линейном программировании и теории двойственности. В результате



**Схема построения двухуровневого модельного комплекса оптимизации МТП сельскохозяйственной организации**

устанавливаются ключевые экономические показатели сельскохозяйственного предприятия: эффективность и сравнительная эффективность эксплуатации МТП в аграрном производстве.

С этой целью задействованы обозначения:  $n$  — количество предприятий выборочной совокупности,  $x_{ij}$  — значение входного аргумента  $i$ -го вида для  $j$ -го предприятия (ресурсные показатели),  $y_{lj}$  — значение выходного аргумента  $l$ -го вида для  $j$ -го предприятия (результативные показатели),  $i = \overline{1, m}$ ,  $l = \overline{1, s}$ ,  $j = \overline{1, n}$ ,  $v_i$  — весовой коэффициент для входного аргумента  $i$ -го вида,  $u_l$  — весовой коэффициент для выходного аргумента  $l$ -го вида. Будем считать, что все  $x_{ij}$  и  $y_{lj}$  положительны и все весовые коэффициенты неотрицательны, причем хотя бы одно значение  $v_i$  и хотя бы одно значение  $u_l$  положительно. Показатель эффек-

тивности использования МТП для  $j$ -го предприятия при соответствующих весовых коэффициентах следует определять по формуле

$$\varphi_j(v, u) = \frac{\sum_{l=1}^s u_l y_{lj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad (j = \overline{1, n}). \quad (1)$$

Показатель сравнительной эффективности использования МТП для  $k$ -го предприятия (по отношению ко всем рассматриваемым предприятиям) может быть получен следующим образом:

$$\theta_k(v, u) = \frac{\varphi_k(v, u)}{\max_{j=1, n} \varphi_j(v, u)} \quad (k = \overline{1, n}). \quad (2)$$

В диссертационной работе поиск оптимальных значений весовых коэффициентов  $u$  и  $v$  для отдельно взятого  $k$ -го предприятия осуществляется так, чтобы  $\theta_k(v, u) \rightarrow \max$ , причем  $\theta_k \leq 1$ . Экономический смысл установления весовых коэффициентов состоит в достижении максимально возможного при данных условиях хозяйствования значения показателя сравнительной эффективности использования МТП каждого предприятия. Если  $\theta_k = 1$ , то функционирование МТП  $k$ -го предприятия является оптимальным по Парето. В противном случае функционирование МТП считается неоптимальным по Парето (и, следовательно, существуют резервы снижения затрат ресурсов).

На микроуровне предполагается освоение выявленных на предыдущем этапе резервов в рамках авторской модификации базовой модели оптимизации МТП. Это позволит разработать практические рекомендации по управлению процессом функционирования МТП, в частности составить оптимальное расписание работы МТА, сформировать оптимальный план агролизинга либо закупки новой сельскохозяйственной техники.

Во второй главе «**Двухуровневый комплекс моделей оптимизации формирования и использования машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций**» представлен разработанный соискателем модельный комплекс, включающий следующие элементы:

- 1) модель оценки сравнительной экономической эффективности эксплуатации МТП группы предприятий, образующих мезоуровень;
- 2) нелинейную модель оптимизации использования МТП аграрного предприятия и ее модификации;
- 3) методику информационного обеспечения модельного комплекса.

Для решения задачи оценки сравнительной эффективности использования МТП на мезоуровне построена компьютерная модель в системе DEAR, основанная на математическом аппарате, представленном в первой главе. Основные входные и выходные показатели модели указаны в таблице 1.

Таблица 1. — Показатели оценки сравнительной эффективности использования МТП в растениеводстве

Входные показатели (ресурсы)	Выходные показатели (эффект)
$X_1$ — стоимость топлива (дизельного и бензина) и ГСМ, затраченных на выполнение комплекса механизированных работ в растениеводстве, млн руб.	$Y$ — валовой сбор зерна, скорректированный на балльность сельскохозяйственных угодий, т/балл
$X_2$ — стоимость активной части основных средств, непосредственно задействованных в выполнении комплекса работ, млн руб.	
$X_3$ — стоимость техники, полученной по договорам лизинга за предыдущий год, млн руб.	
$X_4$ — средства, затраченные на ремонт и техническое обслуживание МТП, млн руб.	
$X_5$ — фонд оплаты труда механизаторов и водителей, занятых в выполнении комплекса МТР в растениеводстве, млн руб.	

Центральным элементом модельного комплекса является экономико-математическая модель оптимизации формирования и использования МТП сельскохозяйственного предприятия при выполнении комплекса механизированных агротехнических работ.

Переменные модели:

$X = [x_{ijkt}]$  — количество МТА в составе трактора (комбайна) марки  $j$  и сельхозмашины (орудия) марки  $k$  при выполнении механизированной работы  $i$  в  $t$ -м периоде неизменных условий ( $i = \overline{1, I}$ ,  $j = \overline{1, J}$ ,  $k = \overline{1, K}$ ,  $t = \overline{1, T}$ );

$Y = [y_{ijkt}]$  — время работы МТА в составе трактора (комбайна) марки  $j$  и сельхозмашины (орудия) марки  $k$  при выполнении работы  $i$  в течение рабочего дня (в часах) в  $t$ -м периоде неизменных условий;

$L = [l_j]$  — количество приобретаемых тракторов (комбайнов) марки  $j$ ;

$R = r_k$  — количество приобретаемых сельхозмашин (орудий) марки  $k$ ;

$L^0 = [l_j^0]$  — количество тракторов (комбайнов) марки  $j$ , получаемых предприятием по договорам лизинга;

$R^0 = [r_k^0]$  — количество сельхозмашин (орудий) марки  $k$ , получаемых предприятием по договорам лизинга.

Параметры модели:

$D_t$  — длительность  $t$ -го периода неизменных условий, в течение которого согласно плану необходимо выполнить рассматриваемые агротехнические работы (в рабочих днях);

$T_{\max}$  — максимальная продолжительность рабочей смены, т.е. наибольшее возможное время, которое в течение дня может быть отработано одним трактором либо комбайном (в часах);

$V_i$  — общий объем механизированных работ вида  $i$  (в соответствующих единицах измерения: т, га);

$l_j^+$  — количество наличных тракторов (комбайнов) марки  $j$ ;

$r_k^+$  — количество наличных сельхозмашин (орудий) марки  $k$ ;

$a_j$  — среднегодовые затраты на приобретение трактора (комбайна) марки  $j$ ;

$b_k$  — среднегодовые затраты на приобретение сельхозмашины (орудия) марки  $k$ ;

$a_j^0$  — лизинговые платежи по трактору (комбайну) марки  $j$  (за год);

$b_k^0$  — лизинговые платежи по сельхозмашине (орудию) марки  $k$  (за год);

$f_j$  — нормативный годовой фонд времени работы трактора (комбайна) марки  $j$  (в часах);

$P = [p_{ijk}]$  — матрица значений производительности МТА в составе трактора (комбайна) марки  $j$  и сельхозмашины (орудия) марки  $k$  при выполнении механизированной работы  $i$ ;

$U = [u_{ijk}]$  — матрица значений цен одного часа работы МТА в составе трактора (комбайна) марки  $j$  и сельхозмашины (орудия) марки  $k$  при выполнении механизированной работы  $i$ ;

$C = [c_{ijk}]$  — матрица значений себестоимости выполнения работы  $i$  техникой марки  $j$  с сельхозмашиной марки  $k$  с учетом амортизации.

Целевая функция — совокупные среднегодовые затраты на выполнение всего комплекса механизированных работ (ден. ед.):

$$F(X, Y, L, R, L^0, R^0) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T x_{ijkt} \cdot y_{ijkt} \cdot c_{ijk}(X, Y) \cdot D_t + \sum_{j=1}^J l_j \cdot a_j + \sum_{k=1}^K r_k \cdot b_k + \sum_{j=1}^J l_j^0 \cdot a_j^0 + \sum_{k=1}^K r_k^0 \cdot b_k^0 \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $c_{ijk}(X, Y) = u_{ijk} + a_j \cdot g_j(X, Y)$ ,

$$\text{где } g_j(X, Y) = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T y_{ijkt} \cdot x_{ijkt} \cdot D_t \leq f_j \cdot l_j, \\ \tau, & \text{если } \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T y_{ijkt} \cdot x_{ijkt} \cdot D_t > f_j \cdot l_j, \end{cases} \quad (j = \overline{1, J});$$

где  $\tau$  — коэффициент, учитывающий интенсивность эксплуатации техники ( $\tau > 1$ ).

Экономический смысл коэффициента  $\tau$ : если суммарная фактическая выработка тракторов (комбайнов) данной марки превысит нормативный фонд времени, то амортизационные отчисления следует скорректировать в сторону их увеличения.

Ограничения:

а) по наличному количеству тракторов (комбайнов):  $\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K x_{ijkt} \leq l_j^+ + l_j + l_j^0$ ,

$$j = \overline{1, J}, t = \overline{1, T}.$$

В каждый момент времени совокупное число тракторов (комбайнов) марки  $j$ , работающих одновременно на всех агротехнических операциях, не должно превышать их наличное количество (с учетом приобретаемых в текущем году);

б) комплектованию тракторов (комбайнов) сельхозмашинами (орудиями):

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ijkt} \leq r_k^+ + r_k + r_k^0, \quad k = \overline{1, K}, t = \overline{1, T}.$$

В каждый момент времени совокупное число сельхозмашин (орудий) марки  $k$ , работающих одновременно на всех агротехнических операциях, не должно превышать их наличное количество;

в) выработке в течение смены:  $y_{ijkt} \leq T_{\max}$ ,  $i = \overline{1, I}$ ,  $j = \overline{1, J}$ ,  $k = \overline{1, K}$ ,  $t = \overline{1, T}$ .

Количество часов, отработанных одним трактором (комбайном), не должно превышать максимально допустимой длительности рабочей смены;

г) выполнению плановых объемов отдельных агротехнических работ:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T x_{ijkt} \cdot y_{ijkt} \cdot p_{ijkt} \geq V_i, \quad i = \overline{1, I}.$$

Общий объем работ, выполненных МТА, закрепленными за конкретной механизированной работой, должен быть не меньше объема по плану (здесь считается, что превышение плана теоретически возможно);

д) экономическому содержанию переменных  $x_{ijkt} \in Z_+$ ,  $y_{ijkt} \in R_+$ ,  $l_j \in Z_+$ ,  $r_k \in Z_+$ ,  $l_j^0 \in Z_+$ ,  $r_k^0 \in Z_+$ .

Количество тракторов (комбайнов), сельхозмашин (орудий) и автомобилей должно выражаться целым неотрицательным числом (т.е. допускается равенство нулю). Число часов работы в течение смены каждого трактора (комбайна) должно выражаться вещественным неотрицательным числом.

Важной частью модельного комплекса является его информационное обеспечение. Для этого была разработана методика, в соответствии с которой предусмотренные отраслевыми документами значения плановых норм выработки МТА и сдельных расценок МТР рассматриваются не как детерминированные величины, а как параметры, зависящие от специфических условий работы конкретного предприятия (например, сроков и качества выполнения агротехнических операций, полеглости хлебостоя, засоренности посевов). Эти условия отражены в модельном комплексе путем введения системы корректирующих коэффициентов. Формула расчета скорректированной сдельной расценки МТР может быть представлена в следующем виде:

$$u_{ijk} = u_{ijk}^0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3^{ijk} \cdot K_4^i \cdot K_5^i, \quad (4)$$

где  $u_{ijk}^0$  — базовая сдельная расценка, учитывающая вид выполняемых работ, марку комбайна и срок службы техники;

$K_1$  — корректирующий коэффициент, учитывающий качество выполненных работ;

$K_2$  — корректирующий коэффициент, учитывающий соблюдение установленных сроков выполнения работ;

$K_3^{ijk}$  — корректирующий коэффициент, учитывающий перевыполнение сменной нормы выработки;

$K_4^i$  — корректирующий коэффициент, учитывающий полеглость хлебостоя;

$K_5^i$  — корректирующий коэффициент, учитывающий засоренность поля.

Для определения значений корректирующих коэффициентов предлагается использовать статистический подход. Анализируя выработку на каждой агротехнической операции в прошлых периодах, можно определить ожидаемое значение коэффициента перевыполнения сменных норм:

$$K_3^{ijk} = \frac{N' + \sum_{m=1}^M \beta_m^{ijk} \cdot K_m^{ijk}}{N_{\text{смен}}}, \quad (5)$$

где  $N'$  — количество смен, в которых норма выработки не была перевыполнена;

$m$  — номер уровня перевыполнения сменных норм выработки ( $m = \overline{1, M}$ );

$\beta_m^{ijk}$  — количество смен с  $m$ -м значением коэффициента  $K_m^{ijk}$  перевыполнения нормы выработки ( $K_m^{ijk} > 1$ ), отработанных на  $i$ -й агротехнической операции МТА в составе трактора (комбайна, автомобиля) марки  $j$  и сельхозмашины марки  $k$ ;

$N_{\text{смен}}$  — общее количество смен.

Коэффициент, учитывающий полеглость хлебостоя, может быть получен по формуле

$$K_4^i = \sum_{m=1}^M \alpha_m \cdot \omega_m^i, \quad (6)$$

где  $\alpha_m$  — значение повышающего коэффициента при  $m$ -м уровне полеглости;

$\omega_m^i$  — эмпирическая относительная частота встречаемости  $m$ -го уровня полеглости для  $i$ -й агротехнической операции.

Последний показатель можно определить по формуле

$$\omega_m^i = \frac{S_m^i}{S_0^i}, \quad (7)$$

где  $S_m^i$  — часть площади, обрабатываемой при выполнении  $i$ -й операции, на которой в прошлые периоды встречалась полеглость  $m$ -го уровня;

$S_0^i$  — общая площадь, обрабатываемая при выполнении  $i$ -й операции.

Учитывающий засоренность посевов коэффициент  $K_5$  определяется по схеме, предусмотренной формулами (6) и (7). Плановые нормы выработки МТА корректируются аналогично сдельным расценкам. Таким образом, в соответствии с методикой информационного обеспечения рассчитываются значения плановых показателей эксплуатации МТП, которые затем используются в качестве входных параметров в модели оптимизации на микроуровне.

В третьей главе «**Инструментальное обеспечение модельного комплекса и его апробация на примере сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь**» рассмотрен предлагаемый в рамках данной диссертационной работы алгоритм решения задачи оптимизации состава и численности МТП и его использования при выполнении комплекса механизированных работ на примере ряда сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь.

Компьютерная реализация модели оценки сравнительной эффективности использования МТП была осуществлена с помощью программного модуля, разработанного соискателем в системе DEAP. На основании полученных результатов можно дать краткую характеристику функционирования МТП каждого предприятия и, кроме того, выявить предполагаемые причины неэффективности в случае, если она имеет место (таблица 2).

Таблица 2. — Результаты компьютерной реализации модели оценки сравнительной эффективности использования МТП

Предприятие	Сравнительная эффективность	Краткая характеристика
1	2	3
1. ОАО «Первомайск-Агро»	0,539	Неэффективное по причине недостаточной загрузки производственных мощностей
2. КСУП «Э/б «Октябрь»	1	Эффективное по Парето
3. ОАО «Орля»	0,585	Неэффективное вследствие больших затрат на ремонт и перерасхода ФЗП механизаторов
4. КСУП «Гнезно»	1	Эффективное по Парето
5. ОАО «Э/б «Белоусовщина»	0,708	Малоэффективное по причине излишних затрат на лизинг техники

## Окончание таблицы 2

1	2	3
6. РУСП «Массоляны»	1	Эффективное по Парето
7. КСУП «Э/б «Погородно»	1	Эффективное по Парето
8. ОАО «Вселюб»	0,902	Среднеэффективное. Перерасход топлива и ГСМ
9. ОАО «Сошненское-Агро»	0,616	Неэффективное по причине значительных трат на лизинг и перерасхода ФЗП механизаторов
10. КСУП «Большое Можейково»	0,942	Среднеэффективное. Имеются излишки производственных мощностей
11. УСП «Новый Двор-Агро»	0,898	Среднеэффективное. Перерасход ФЗП механизаторов и большие затраты на ремонт

На основании этих выводов можно разработать для каждого из семи предприятий с оценкой сравнительной эффективности меньше 1 индивидуальные рекомендации по выбору направлений повышения эффективности использования МТП.

В целях повышения конкурентоспособности отечественных сельскохозяйственных организаций предлагается вести постоянный мониторинг сравнительной эффективности использования МТП в растениеводстве, отслеживая тенденции изменения данного показателя в разрезе регионов, подотраслей и форм собственности.

Следующим этапом является оптимизация функционирования МТП конкретных сельскохозяйственных организаций на микроуровне. Для этого предлагается использовать представленную во второй главе оптимизационную модель, которая по своему математическому содержанию относится к классу негладких задач, так как в целевой функции имеются разрывы первого рода. В рамках диссертационного исследования предложена методика устранения разрывов путем сглаживания целевой функции с использованием логистической кривой. Инструментом компьютерной реализации оптимизационной модели стал программный модуль, разработанный соискателем в системе GAMS.

Для УСП «Новый Двор-Агро» Свислочского района и его филиала «Азот-Агро» была проведена оптимизация состава МТП в растениеводстве, при этом тракторы и сельхозмашины, постоянно задействованные в животноводстве, были исключены из рассмотрения. В таблице 3 приведен перечень машин, которые рекомендуется докупить хозяйству. При этом здесь проведен дополнительный расчет для двухсменной организации труда механизаторов в напряженные периоды.

Таблица 3. — Машины, которые рекомендуется приобрести УСП «Новый Двор-Агро» для выполнения комплекса МТР в оптимальные агросроки

Вид техники	Марка	Количество недостающих машин, ед.	
		При односменной работе (с продолжительностью смены до 9 ч в напря- женные периоды)	При двухсменной работе (в напряженные периоды с продолжительностью одной смены 7 ч)
Трактор	МТЗ-3522/3022	3	1
Культиватор	КПСМ-14	2	1
Опрыскиватель	ОШ-2300	2	1
Пресс-подборщик	ПРФ-1.8	1	0
Машина для вне- сения удобрений	РМУ-800	1	0
Грабли	MagnyumMk-18	1	0

Расчеты были выполнены с помощью разработанной соискателем в системе GAMS компьютерной модели, математическая формализация которой представлена во второй главе. В результате анализа численного решения было выявлено, что больше всего в хозяйстве не хватает машин для проведения:

- культивации и пахоты (в период весенне-полевых работ);
- внесения минеральных удобрений и химпрополки (в течение года).

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что помимо техники, которую следует докупить, в хозяйстве имеется излишек машин, которые могут оставаться незадействованными при рациональной организации труда и своевременном ремонтно-техническом обслуживании всей техники (таблица 4).

Таблица 4. — Техника, которая будет задействована УСП «Новый Двор-Агро» при рациональной организации выполнения комплекса МТР

Вид техники	Марка	Количество, ед.
Комбайн зерноуборочный	КЗС-10К	1
Погрузчик	Амкодор	1

При этом следует отметить, что при коэффициенте технической готовности машин ниже расчетной вся техника может оказаться задействованной для производства сельскохозяйственной продукции в полном объеме.

Соблюдение принципа увязки мезо- и микроуровней моделирования заключается в том, что достигнутое за счет применения оптимизационных моделей снижение затрат ресурсов обуславливает определенный прирост сравнительной эффективности эксплуатации МТП данного предприятия на мезоуровне.

Экономический эффект от внедрения комплекса моделей предлагается определять по формуле

$$\Delta F = F^0 - F^*, \quad (8)$$

где  $F^0$  и  $F^*$  — совокупные среднегодовые затраты на выполнение комплекса агротехнических работ до и после оптимизации соответственно, руб.

Величина затрат после оптимизации совпадает с оптимальным значением целевой функции (4), полученным в результате решения в системе GAMS. Снижение затрат обусловит увеличение рентабельности и конкурентоспособности сельскохозяйственной организации.

Кроме того, можно определить потенциальный прирост сравнительной эффективности использования МТП:

$$\Delta\theta = \theta^* - \theta^0, \quad (9)$$

где  $\theta^*$  — значение сравнительной эффективности использования МТП при сниженных затратах;

$\theta^0$  — начальное значение сравнительной эффективности использования МТП, определяемое по результатам использования программного модуля, реализованного соискателем в системе DEAP.

Показатель  $\Delta\theta$  служит индикатором для разработки различных вариантов улучшения структуры затрат, которые достигаются за счет оптимального использования материальных и трудовых ресурсов, а также реализации специальных мероприятий по закупке, лизингу и ремонту сельскохозяйственной техники.

Основные практические результаты внедрения комплекса моделей заключаются в следующем:

- оптимальное расписание работы МГА позволяет снизить текущие эксплуатационные затраты функционирования МТП аграрного предприятия;
- пополнение парка новой техникой обеспечивает выполнение комплекса агротехнических работ в полном объеме и в заданные сроки;
- высвобождение незадействованной техники создает резервы производственных мощностей либо может обусловить получение дополнительного дохода от сдачи МГА в аренду или утилизации;
- в конечном итоге весь комплекс предлагаемых мероприятий по оптимизации функционирования МТП обеспечит снижение величины совокупных среднегодовых затрат и рост сравнительной эффективности использования МТП, что положительно скажется на конкурентоспособности рассматриваемой организации.

Применение результатов работы двухуровневого комплекса моделей оптимизации МТП на УСП «Новый Двор-Агро» обеспечит повышение рентабельности производственно-финансовой деятельности данного предприятия на 2,5–3 процентных пункта за счет более рационального состава и структуры МТП, а также снижения затрат на его модернизацию.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### **Основные научные результаты диссертации.**

1. В рамках диссертационного исследования разработана схема построения двухуровневого комплекса экономико-математических моделей оптимизации формирования и использования МТП сельскохозяйственного предприятия. Развита теоретические и методические основы оценки эффективности использования МТП: во-первых, предложен показатель сравнительной экономической эффективности использования МТП, который позволяет сопоставлять режимы эксплуатации системы машин на различных предприятиях и делать соответствующие выводы; во-вторых, построена модель оценки сравнительной эффективности использования МТП, основанная на методологии анализа оболочки данных и концепции бенчмаркинга [8, 9].

2. Предложена методика определения плановой себестоимости машинно-тракторных работ, отличительной особенностью которой является то, что она базируется на статистическом анализе ретроспективных данных о работе МТА на конкретных механизированных операциях [7, 13].

3. Разработан комплекс экономико-математических моделей оптимизации формирования и использования МТП сельскохозяйственного предприятия, включающий: модель оценки сравнительной эффективности использования МТП, базовую оптимизационную модель [1, 3, 12, 15] и ее модификации: модель с опцией пополнения МТП [5] и модель, учитывающую интенсивность эксплуатации МТА [4, 10]. Отличительной особенностью данных моделей является их нелинейный характер, а также наличие разрывов в целевой функции, что позволяет более точно отражать специфику функционирования сельскохозяйственных организаций [11].

4. Создан набор инструментов, обеспечивающих компьютерную реализацию двухуровневого комплекса моделей (в том числе в системах GAMS и DEAP) [17, 18], а также экономическую интерпретацию результатов моделирования [2, 16], выбор стратегии предприятия на вторичном рынке сельскохозяйственной техники [6, 14], формирование плана обновления МТП и оптимального расписания работы МТА.

**Рекомендации по практическому использованию результатов.** Практическая и социально-экономическая значимость результатов исследования заключается в возможности их использования при принятии управленческих решений о комплектовании МТП и выборе оптимального режима его работы, т.е. такого варианта закрепления МТА за механизированными полевыми работами и такого распределения этих операций во времени, при которых достигается локальный минимум годовых совокупных среднегодовых затрат на эксплуатацию МТП.

Снижение себестоимости сельскохозяйственной продукции за счет высвобождения неиспользуемой техники, уменьшения затрат на топливно-энергетические ресурсы и оплату труда и оптимизации расходов на закупку новой техники позволит создать условия для снижения цен и таким образом обусловит повышение конкурентоспособности АПК Республики Беларусь.

Основные результаты исследования нашли отражение в работе подразделений НАН Беларуси, а также были внедрены в учебный процесс БГЭУ и использованы руководством конкретного сельскохозяйственного предприятия для обоснования принятия управленческих решений, что подтверждается соответствующими документами.

## **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ**

### *Статьи в научных рецензируемых журналах*

1. Ефремов, А. А. Оптимизация оперативно-производственного планирования на предприятиях АПК / А. А. Ефремов // Вестн. Могилев. гос. ун-та им. А. А. Кулешова. Сер. Д. Экономика. Социология. Право. — 2015. — № 2 (46). — С. 31–38.

2. Ефремов, А. А. Оценка вероятностных характеристик ремонтного цикла машинно-тракторного парка предприятий АПК с помощью уравнений Колмогорова / Н. И. Холод, А. А. Ефремов // Вестн. Гродн. гос. ун-та им. Янки Купалы. Сер. 5. Экономика. Социология. Биология. — 2015. — № 3 (202). — С. 65–70.

3. Ефремов, А. А. Оптимизация планирования машинно-тракторного парка / А. А. Ефремов // Вестн. Беларус. дзярж. экан. ун-та. — 2015. — № 3 (110). — С. 48–53.

4. Ефремов, А. А. О задаче нелинейной оптимизации кусочно-постоянной целевой функции / А. А. Ефремов // Вестн. Могилев. гос. ун-та им. А. А. Кулешова. Сер. В. Математика. Физика. Биология. — 2016. — № 47 (1). — С. 43–53.

5. Ефремов, А. А. Использование оболочки данных для оценки сравнительной эффективности функционирования сельскохозяйственных организаций / А. А. Ефремов // Вестн. Могилев. гос. ун-та им. А. А. Кулешова. Сер. В. Математика. Физика. Биология. — 2016. — № 49 (1). — С. 189–191.

6. Ефремов, А. А. Обоснование управленческих решений о закупке сельскохозяйственной техники на основе нелинейных моделей оптимизации / А. А. Ефремов // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. — 2016. — № 2. — С. 21–24.

7. Ефремов, А. А. Выбор маркетинговой стратегии предприятия АПК на вторичном рынке сельскохозяйственной техники с использованием вероятностного подхода / Н. И. Холод, А. А. Ефремов // Агропанорама. — 2016. — № 3 (115). — С. 41–45.

8. Ефремов, А. А. Проблемные аспекты определения технико-экономических показателей машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия / А. А. Ефремов // Аграрная экономика. — 2016. — № 4. — С. 39–43.

9. Ефремов, А. А. Эмпирический подход к определению плановых показателей в АПК на основе анализа оболочки данных / А. П. Такун, А. А. Ефремов // Аграрная экономика. — 2016. — № 12. — С. 16–20.

#### *Статьи в рецензируемых сборниках научных трудов*

10. Ефремов, А. А. Цепи Маркова как инструмент моделирования деятельности предприятий АПК в условиях неопределенности / Н. И. Холод, А. А. Ефремов // Науч. тр. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол.: В. Н. Шимов (гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2015. — С. 398–405.

11. Ефремов, А. А. Оптимизация использования машинно-тракторного парка в АПК на основе разрывных функций методом аппроксимации логистической кривой / А. А. Ефремов, Э. М. Аксень // Экономика, моделирование, прогнозирование : сб. науч. тр. / НИИЭ М-ва экономики Респ. Беларусь ; ред. М. К. Кравцов [и др.]. — Минск, 2017. — С. 175–185.

#### *Материалы конференций*

12. Ефремов, А. А. Оптимизация производственных факторов при планировании урожайности зерновых культур в АПК / Н. И. Холод, А. А. Ефремов // Экономическая теория в XXI веке: поиск эффективных механизмов хозяйствования : материалы науч.-практ. конф., Новополоцк, 23–24 окт. 2014 г. : в 2 ч. / Полоц. гос. ун-т ; редкол.: Д. Н. Лазовский (пред.) [и др.]. — Новополоцк, 2014. — Ч. 1. — С. 138–140.

13. Ефремов, А. А. Трансфер технологий в сельскохозяйственном производстве: экономический аспект / А. А. Ефремов // Трансфер технологий. Реалии

и перспективы : материалы междунар. науч.-практ. конф., Запорожье, 2 февр. 2015 г. : в 2 т. / Запорож. нац. ун-т. — Запорожье, 2015. — Т. 2. — С. 43–44.

14. Ефремов, А. А. О мобильном критерии оптимизации работы машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве / А. А. Ефремов // Научный потенциал молодежи — будущему Беларуси : материалы IX Междунар. молодеж. науч.-практ. конф., Пинск, 3 апр. 2015 г. / Полес. гос. ун-т. — Пинск, 2015. — С. 269–270.

15. Ефремов, А. А. Планирование выполнения комплекса сельскохозяйственных работ с помощью негладкой оптимизационной модели / А. А. Ефремов // Математика, статистика и информационные технологии в экономике, управлении и образовании : материалы междунар. науч.-практ. конф., Тверь, 31 мая 2015 г. / Твер. гос. ун-т ; редкол.: Е. А. Васин [и др.]. — Тверь, 2015. — С. 59–63.

16. Ефремов, А. А. О комплексной оценке эффективности агропромышленного производства с ориентацией на выпуск / А. А. Ефремов // Научные разработки молодых ученых — развитию агропромышленного комплекса : материалы IV Междунар. конф., Ставрополь, 18–19 сент. 2015 г. : в 2 т. / Всерос. науч.-исслед. ин-т овцеводства и козоводства. — Ставрополь, 2015. — Т. 1. — С. 591–593.

17. Ефремов, А. А. Использование анализа оболочки данных для оценки сравнительной эффективности функционирования сельскохозяйственных организаций / А. П. Такун, А. А. Ефремов // Антропогенная эволюция современных почв и аграрное производство в изменяющихся почвенно-климатических условиях : материалы междунар. науч.-практ. онлайн-конф., Орел, 18 нояб. 2015 г. / Орлов. гос. аграр. ун-т. — Орел, 2015. — С. 189–191.

## РЭЗІЮМЭ

Яфрэмаў Андрэй Аляксандравіч

### **Фарміраванне і выкарыстанне машынна-трактарнага парка сельскагаспадарчых арганізацый на аснове двухузроўневага комплекса мадэлей аптымізацыі**

**Ключавыя словы:** аптымізацыя, аграпрамысловы комплекс, машынна-трактарны парк, аналіз абалонкі дадзеных.

**Мэта даследавання:** распрацоўка двухузроўневага комплексу эканоміка-матэматычных мадэлей аптымізацыі машынна-трактарнага парка сельскагаспадарчых арганізацый як інструмента павышэння эфектыўнасці яго фарміравання і выкарыстання ў аграрнай вытворчасці.

**Метады даследавання:** сістэмны падыход, параўнальны аналіз, метады аптымізацыі, лінейнае праграмаванне, нелінейнае праграмаванне, аналіз абалонкі дадзеных.

**Атрыманя вынікі і іх навізна.** Распрацаваны тэарэтычныя і метадычныя асновы ацэнкі эфектыўнасці выкарыстання МТП сельскагаспадарчага прадпрыемства. Прапанавана метадыка вызначэння планавых паказчыкаў функцыянавання МТП сельскагаспадарчага прадпрыемства, адметнай асаблівасцю якой з'яўляецца тое, што яна заснавана на статыстычным аналізе рэтра-спектыўных дадзеных аб працы МТА на канкрэтных механізаваных аперацыях. Распрацаваны комплекс эканоміка-матэматычных мадэлей аптымізацыі фарміравання і выкарыстання МТП сельскагаспадарчага прадпрыемства. Адметнай асаблівасцю дадзеных мадэлей з'яўляецца іх нелінейны характар, а таксама наяўнасць разрываў у мэтавай функцыі, што дазваляе больш дакладна адлюстроўваць спецыфіку функцыянавання рэальных эканамічных аб'ектаў.

**Ступень выкарыстання.** Распрацаваныя аўтарам метады і мадэлі і напісанае праграмае забеспячэнне могуць выкарыстоўвацца спецыялістамі прадпрыемстваў АПК у працэсе выпрацоўкі канкрэтных адміністрацыйных прапаноў, накіраваных на павышэнне эфектыўнасці эксплуатацыі машынна-трактарнага парка ў аграрнай вытворчасці.

**Галіна прымянення:** дзейнасць па распрацоўцы планаў фарміравання і выкарыстання машынна-трактарнага парка сельскагаспадарчай арганізацыі.

## РЕЗЮМЕ

Ефремов Андрей Александрович

### **Формирование и использование машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций на основе двухуровневого комплекса моделей оптимизации**

**Ключевые слова:** оптимизация, агропромышленный комплекс, машинно-тракторный парк, анализ оболочки данных.

**Цель исследования:** разработка двухуровневого комплекса экономико-математических моделей оптимизации машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь как инструмента повышения эффективности его формирования и использования в аграрном производстве.

**Методы исследования:** системный подход, сравнительный анализ, методы оптимизации, линейное программирование, нелинейное программирование, анализ оболочки данных.

**Полученные результаты и их новизна.** Разработаны теоретические и методические основы оценки эффективности использования МТП сельскохозяйственного предприятия. Предложена методика определения плановых показателей функционирования МТП сельскохозяйственного предприятия, отличительной особенностью которой является то, что она основана на статистическом анализе ретроспективных данных о работе МТА на конкретных механизированных операциях. Разработан комплекс экономико-математических моделей оптимизации формирования и использования МТП сельскохозяйственного предприятия. Отличительной особенностью данных моделей является их нелинейный характер, а также наличие разрывов в целевой функции, что позволяет более точно отражать специфику функционирования реальных экономических объектов.

**Степень использования.** Разработанные автором методы и модели и написанное программное обеспечение могут быть использованы специалистами предприятий АПК в процессе выработки конкретных управленческих решений, направленных на повышение эффективности использования машинно-тракторного парка в аграрном производстве.

**Область применения:** деятельность по разработке плана формирования и использования машинно-тракторного парка сельскохозяйственной организации.

## SUMMARY

Efremov Andrei Aleksandrovich

### **Formation and operation of machine and tractor fleet of agricultural organizations by means of two-level complex of optimization models**

**Keywords:** optimization, agroindustrial complex, machine and tractor fleet, data envelopment analysis.

**The object of research:** development of two-level set of economical and mathematical models of optimization of machine and tractor fleet of agrarian organizations of the Republic of Belarus as an instrument of improvement of the effectiveness of its formation and operation in crop production.

**Research methods:** system approach, comparative analysis, optimization methods, linear programming, nonlinear programming, data envelopment analysis.

**The results obtained and their novelty.** The theoretical and methodological basis for assessing the effectiveness of the use of the MTF of the agricultural enterprise is developed. A method for determining the planned indicators of the functioning of the MTF of an agricultural enterprise is proposed, the distinctive feature of which is that it is based on statistical analysis of the retrospective data on the work of the MTA on specific mechanized operations. A set of economic and mathematical models for optimizing the formation and use of the MTF of an agricultural enterprise in field farming was developed. A distinctive feature of these models is their nonlinear nature, as well as the presence of discontinuities in the objective function, which allows more accurately reflect the specifics of the functioning of real economic objects.

**Extent of implementation.** The methods and models developed by the author and the written software can be used by specialists of the agroindustrial complex enterprises in the process of developing specific management solutions aimed at increasing the efficiency of the use of the machine and tractor fleet in field farming.

**Sphere of use:** activities to develop a plan for the formation and use of the machine and tractor fleet of the agricultural organization in the field crop farming.

Редактор *Т. В. Скрипко*  
Корректор *С. В. Лукашевич*  
Технический редактор *О. В. Амбарцумова*  
Компьютерный дизайн *Т. В. Бесчетнова*

Подписано в печать 03.04.2019. Формат 60Ч84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Офсетная печать. Усл. печ. л. 1,6. Уч.-изд. л. 1,3. Тираж 66 экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение: УО «Белорусский государственный экономический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/299 от 22.04.2014, № 2/110 от 07.04.2014.

Пр. Партизанский, 26, 220070, Минск.