

УДК 338.43: 338.984

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В
АГРАРНОМ СЕКТОРЕ: ОПТИМИЗАЦИЯ ПОСЕВНЫХ ПЛОЩАДЕЙ
ДЛЯ МАКСИМИЗАЦИИ ПРИБЫЛИ**

Кирилл Валерьевич Акиндинов

студент

bokser6831@mail.ru

Наталья Викторовна Картечина

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

kartechnatali@mail.ru

Валерий Викторович Акиндинов

кандидат экономических наук, доцент

t34ert@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассматривается важность оптимизации структуры посевных площадей в сельском хозяйстве. Исследование основано на анализе производственных процессов СХПК «Восход» за период 2017-2023 годов с использованием экономико-математического моделирования. Целью работы является повышение эффективности растениеводства через оптимизацию посевов, что позволяет максимизировать прибыль и улучшить использование ресурсов.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, оптимизация структуры посевных площадей, экономико-математическое моделирование, прогнозирование урожайности, растениеводство, прибыль, рентабельность.

Сельское хозяйство России, включая агропромышленный комплекс, демонстрирует устойчивое развитие, несмотря на геополитические вызовы. Растениеводство, как основа сельскохозяйственного производства, оказывает ключевое влияние на результаты всего комплекса.

Важным аспектом является рациональная отраслевая структура сельхозпредприятий, характеризующаяся оптимальным соотношением отраслей и элементов производства. Цифровизация и современные технологии активно внедряются в аграрный сектор, охватывая широкий спектр процессов, от планирования посевов до расчета рационов кормления животных [6, 15].

Математическое моделирование экономических процессов выступает эффективным инструментом для решения задач в сельском хозяйстве, позволяя определить оптимальные варианты развития с учетом различных критериев и условий [5]. Модель оптимизации производственно-отраслевой структуры занимает центральное место в системе моделей планирования, предоставляя возможность анализа и определения путей повышения эффективности использования ресурсов и увеличения объемов производства [1, 2, 3].

Целью исследования является повышение эффективности хозяйствования посредством оптимизации структуры производства растениеводства. Любая социально-экономическая система в аграрной сфере представляет собой сложный комплекс, подверженный влиянию внутренних и внешних факторов, включая научно-технический прогресс и цифровую трансформацию.

В сложных социально-экономических условиях и производственных процессах требуются специальные методы решения задач. Моделирование, основанное на абстракции, аналогии и гипотезах, играет ключевую роль. В хозяйственной деятельности применяются различные типы моделей, отличающиеся по назначению и математическому аппарату.

Математическая модель, как описание явлений через математические зависимости, позволяет изучать объекты и процессы, рассматривая модель как систему, схожую с оригиналом. Математическое моделирование, являясь

частью цифровой трансформации, помогает находить оптимальные решения в задачах с учетом разных факторов и целевой функции.

В экономике широко используются экономико-статистические и экономико-математические модели, позволяющие формировать рекомендации по управлению, опираясь на научное предвидение [11, 12]. Работа с моделью сокращает затраты и предоставляет подробную информацию о внутренних связях объекта.

Экономико-математическая модель, по определению профессора Б.И. Смагина, – это выражение экономических взаимосвязей через математические уравнения [13]. Профессор Гатаулин выделяет в модели объемы ресурсов, переменные, коэффициенты взаимосвязей и целевую функцию [7].

М.Е. Браславец и Р. Г. Кравченко предлагают два варианта постановки задачи оптимизации специализации сельского хозяйства [4]. Первый – анализ существующего состояния на основе фактических данных для оценки эффективности использования ресурсов и уровня производства. Второй – прогнозирование или планирование на основе исходной информации.

Создание экономико-математических моделей, несмотря на разнообразие подходов, включает общие этапы и стадии. Параметры в таких моделях представляются в виде таблиц чисел, объединенных в функциональные уравнения. В сельскохозяйственном планировании ключевой является модель оптимизации производственно-отраслевой структуры, позволяющая определить параметры развития, анализировать текущую структуру и оптимизировать использование ресурсов.

В задачах используются переменные, отражающие растениеводство, животноводство и использование ресурсов. Главной задачей совершенствования производственных отношений в агропромышленном комплексе является повышение эффективности производства и обеспечение самокупаемости предприятий.

На экономические процессы влияет множество факторов, и искусство

планирования состоит в их учете для достижения цели [8-10, 16]. Экономико-математические методы помогают экономистам находить оптимальные решения, особенно в задачах перераспределения ресурсов, например, пахотных земель.

Использование этих методов позволяет определить оптимальную структуру производства, объемы производства продукции по подразделениям и направлениям, минимизируя затраты при заданных ресурсах и на основе данных прошлых периодов. Оптимизация структуры производства, включая оптимизацию посевных площадей, начинается с постановки задачи и подготовки исходной информации.

С финансовой точки зрения, повышение прибыльности растениеводства требует увеличения посевов прибыльных культур и сокращения менее выгодных, но это требует научного обоснования. Задача формулируется как определение оптимальной структуры посевных площадей, исходя из ресурсов (земли, труда, финансов), для выполнения плана продаж и обеспечения внутрихозяйственных нужд при максимизации прибыли. Для разработки модели оптимизации структуры посевов необходимо оценить выращиваемые культуры, севообороты, технологии и подготовить информацию о площадях, урожайности, трудовых и материальных затратах, плановых заданиях, а также агротехнических требованиях.

После сбора и анализа данных разрабатывается экономико-математическая модель. Эта модель, как правило, представляет собой систему уравнений и неравенств, описывающих взаимосвязи между различными факторами: площадями посевов, урожайностью, затратами, потребностями хозяйства и ограничениями по ресурсам. Целевая функция модели обычно выражает максимизацию прибыли или минимизацию затрат.

Для решения задачи оптимизации структуры посевных площадей применяются методы линейного или нелинейного программирования. Выбор конкретного метода зависит от сложности модели и ограничений. Результатом

решения является оптимальная структура посевных площадей, обеспечивающая максимальную прибыль при заданных ограничениях.

Важно отметить, что экономико-математическая модель – это упрощенное отражение реальности. Поэтому результаты оптимизации необходимо корректировать с учетом экспертных оценок агрономов, погодных условий и других факторов, не включенных в модель.

Внедрение оптимальной структуры посевов позволяет повысить эффективность растениеводства, увеличить прибыль хозяйства и улучшить использование ресурсов. Регулярный пересмотр и корректировка модели с учетом изменяющихся условий и данных позволяет поддерживать высокую эффективность производства.

В данной статье мы предлагаем применить экономико-математическую модель для анализа производственных процессов СХПК «Восход» [1, 3]. Используя данные отчетов за 2017-2023 годы, мы смоделируем сценарий производства, чтобы оценить эффективность текущих процессов и выявить резервы для повышения прибыли и рентабельности предприятия (рис. 1). Такой подход позволит более глубоко понять динамику производственной деятельности и разработать стратегии для оптимизации ресурсов и увеличения финансовых показателей.

Многолетний анализ СХПК «Восход» выявило, что у предприятия имеется пашни в размере 3755 га и площади посевов лимитированы, под подсолнечник выделяется 720 га, а под зерновые 2150 га оставшаяся площадь 885 га – пар. Таким образом предприятие ограничивает свой производственный потенциал в рамках 2870 га площади посева.

Разработку экономико-математической модели оптимизации размеров и структуры посевных площадей, выращиваемых в СХПК «Восход» производили на основе расчетных средних данных 3-5 лет, а также предполагаемых плановых заданий по производству и реализации сельскохозяйственной продукции.

Для разработки экономико-математической модели оптимизации структуры посевов и производства сельскохозяйственных культур была произведена оценка выращиваемых в хозяйстве культур и применяемых севооборотов, технология их возделывания и подготовлена следующая информация:

- размер площади пашни;
- сельскохозяйственные культуры, выращиваемые на предприятии, их урожайность, валовое производство, получено прибыли с 1 га;
- обеспеченность растениеводства трудовыми ресурсами всего, а также затраты труда на 1 га по каждой культуре;
- затраты материально-денежных средств на 1 га по каждой культуре;
- плановое задание на производство и реализацию продукции;
- затраты, выручка и прибыль от реализации 1 ц продукции каждого вида;
- агротехнические и агротехнологические требования и возможные пределы (min, max) занимаемой доли отдельных культур в структуре севооборота (или отдельных групп культур).

Надо заметить, что в СХПК «Восход» выращиваются 5 культур, урожайность которых по годам представлена в таблице 1.

Таблица 1

Урожайность выращиваемых культур в СХПК «Восход» 2017-2023 гг.

Показатели	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Оз. пшеница	50,5	33,5	25,9	47,6	26,2	50	32,4
Яр. пшеницы	20,1	21,9	34	36,4	26	44,9	36,8
Ячмень	32,9	21,9	23,7	35,1	30,9	25	24,2
Овес	46,8	13,9	14,3	28,8	24,4	37,4	31,8
Подсолнечник	17,1	20	21,8	21,8	31	21,6	25,4

Анализ урожайности основных культур в СХПК «Восход» за период с 2017 по 2023 год демонстрирует значительную волатильность показателей, обусловленную, вероятно, как погодными условиями, так и агротехническими

приемами. Озимая пшеница, лидировавшая по урожайности в 2017 и 2020 годах, показала заметные колебания, что подчеркивает ее чувствительность к внешним факторам.

Яровая пшеница, напротив, демонстрирует тенденцию к росту урожайности, достигнув пика в 2022 году. Ячмень и овес, хотя и показывали неплохие результаты в отдельные годы, в целом уступают пшенице по стабильности урожая. Подсолнечник демонстрирует умеренный, но устойчивый рост урожайности, что свидетельствует о его адаптивности к местным условиям.

В целом, для повышения устойчивости и прогнозируемости урожайности в СХПК «Восход» необходим комплексный подход, включающий оптимизацию севооборота, внедрение современных технологий земледелия и адаптацию к изменяющимся климатическим условиям.

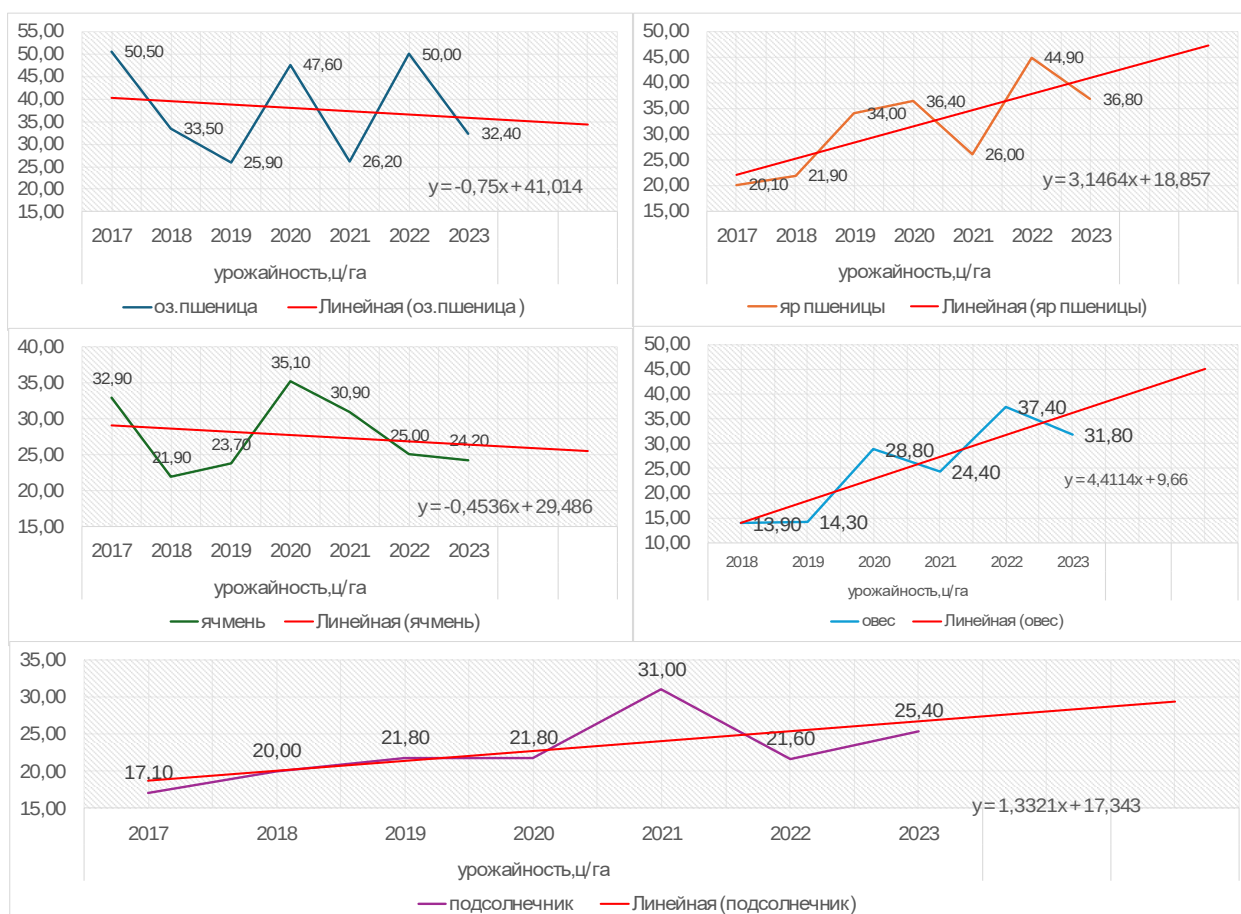


Рисунок 1 – Динамика и прогноз урожайности культур СХПК «Восход» на 2025г.

Для построения экономико-математической модели спрогнозируем

урожайность выращиваемых культур на 2025г.

Для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур на 2025 год можно использовать различные экономико-математические методы на основе существующих значений. Однако, поскольку у нас есть только 7 лет данных, мы можем применить линейную регрессию как более простой подход для экстраполяции, чтобы найти тренд и экстраполировать его на 2025 год. Для этого построим графики динамики урожайности культур с помощью MS Excel (рис. 1).

Таблица 2

Прогноз урожайности выращиваемых культур в СХПК «Восход» на 2025 год, ц/га.

Культура	Прогноз на 2025 год (ц/га)
Озимая пшеница	34
Яровая пшеница	47
Ячмень	25
Овес	40
Подсолнечник	29

Прогнозировать урожайность на 2025 год – задача сложная, учитывая множество факторов, влияющих на сельскохозяйственное производство: погодные условия, качество семян, применяемые технологии и удобрения.

Тем не менее, опираясь на многолетние данные, можно предположить, что при благоприятных условиях и сохранении текущих агротехнических практик, урожайность озимой пшеницы в 2025 году может приблизиться к среднему показателю за последние годы, а яровая пшеница продолжит демонстрировать положительную динамику. Дальнейшие исследования и мониторинг позволят уточнить прогноз и оптимизировать стратегию развития хозяйства.

В модели оптимизации структуры посевных площадей сельскохозяйственных культур введены агротехнические ограничения (минимум, максимум) на возделывание и реализацию отдельных

культур/групп. Это позволило сформировать множество допустимых решений.

Цель задачи – определение оптимальной площади и структуры посевных площадей, обеспечивающих максимальную прибыль при соблюдении ограничений на производственные ресурсы и объемы производства продукции для реализации.

Показатели	x1	x2	x3	x4	x5	x6	Тип и размер ограничений		План
	оз. пшеница	яр. пшеница	овес	ячмень	подсолнечник	пар			
Папня	1	1	1	1	1	1	=	3755	0,0
Трудовые ресурсы, чел-час	35	30	25	25	10		=	87000	0,0
Гарантированное производство, ц:									
пшеница озимая	34						≥	20000	0,0
пшеница яровая	0	47	0	0	0		≥	16000	
овес	0	0	25	0	0		≥	4000	0,0
ячмень	0	0	0	40	0		≥	30500	0,0
подсолнечник	0	0	0	0	29		≥	20000	0,0
Площадь зерновых ,га	1	1	1	1	0		=	2150	0,0
площадь озимой пшеницы мин	1	0	0	0	0		≥	550	0,0
площадь озимой пшеницы макс	1	0	0	0	0		≤	860	
площадь подсолнечника,га	0	0	0	0	1		=	720	0,0
пар						1	=	885	0,0
Материальные затраты на 1 га, руб	32000	32000	25000	32000	35000,0	0			
Себестоимость 1ц, руб.	941	681	1000	800	1207				
Цена реализации 1 ц,руб.	1200	1200	1400	1200	2500				
Выручка с 1га, руб.	40800	56400	35000	48000	72500				
Площадь культур, га	x1	x2	x3	x4	x5	x6			
	0	0	0	0	0	0			
Материальные затраты всего, тыс.руб	0,0								
Выручка, тыс. руб.	0,0								
Прибыль, тыс. руб.	0,0								
Уровень рентабельности, %	#ДЕЛ/0!								

Рисунок 2 – Матрица экономико-математической модели в MS Excel.

После этапа ввода исходных данных и формул в экономико-математическую модель, представленную в матричной форме, осуществляется переход к конфигурированию модуля «Поиск решения» MS Excel. Этот модуль, предназначенный для решения задач оптимизации, предоставляет расширенный функционал, выходящий за рамки простого нахождения оптимального решения.

В частности, «Поиск решения» позволяет оценить экономическую ценность каждого ресурса, используемого в модели. Анализ чувствительности оптимального решения к вариациям в объемах доступных ресурсов и изменениям коэффициентов целевой функции также является одной из ключевых возможностей.

Представленный план посевов (рис. 3) демонстрирует сбалансированный

подход к сельскохозяйственному производству, учитывающий как потребности в гарантированном объеме продукции, так и ограничения по ресурсам. Оптимизация площадей под различные культуры позволяет достичь значительной прибыли при соблюдении всех заданных условий.

Анализ результатов показывает, что наиболее рентабельными культурами являются подсолнечник и яровая пшеница, что обусловлено высокой ценой реализации и урожайностью. В то же время, значительные площади отведены под озимую пшеницу и ячмень, обеспечивая выполнение обязательств по гарантированному производству.

Показатели	x1	x2	x3	x4	x5	x6	Тип и размер ограничений		План
	оз. пшеница	яр. пшеница	овес	ячмень	подсолнечник	пар			
Пашня	1	1	1	1	1	1	=	3755	3755,0
Трудовые ресурсы, чел-час	35	30	25	25	10		=	87000	71387,5
Гарантированное производство, ц:									
пшеница озимая	34						≥	20000	29240,0
пшеница яровая	0	47	0	0	0		≥	16000	17272,5
овес	0	0	25	0	0		≥	4000	4000,0
ячмень	0	0	0	40	0		≥	30500	30500,0
подсолнечник	0	0	0	0	29		≥	20000	20880,0
Площадь зерновых ,га	1	1	1	1	0		=	2150	2150,0
площадь озимой пшеницы мин	1	0	0	0	0		≥	550	860,0
площадь озимой пшеницы макс	1	0	0	0	0		≤	860	860,0
площадь подсолнечника,га	0	0	0	0	1		=	720	720,0
пар						1	=	885	885,0
Материальные затраты на 1 га, руб	32000	32000	25000	32000	35000,0	0			
Себестоимость 1ц, руб.	941	681	1000	800	1207				
Цена реализации 1 ц,руб.	1200	1200	1400	1200	2500				
Выручка с 1га, руб.	40800	56400	35000	48000	72500				
Площадь культур, га	x1	x2	x3	x4	x5	x6			
	860	368	160	763	720	885			
Материальные затраты всего, тыс.руб	92880,0								
Выручка, тыс. руб.	150215,0								
Прибыль, тыс. руб.	57335,0								
Уровень рентабельности, %	61,7								

Рисунок 3 – Результат решения экономико-математической модели в MS Excel.

В целом, разработанный план является эффективным инструментом управления сельскохозяйственным производством, позволяющим максимизировать прибыль при соблюдении ресурсных ограничений и выполнении обязательств по гарантированному производству. Уровень рентабельности в 61,7% свидетельствует о высокой эффективности предложенных решений.

Исследование, проведенное на примере СХПК «Восход», демонстрирует важность оптимизации структуры посевных площадей для повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Использование

экономико-математических моделей позволяет глубже анализировать производственные процессы и выявлять резервы для увеличения прибыли и рентабельности предприятия.

Практическое применение экономико-математического моделирования по оптимальной структуре посевов и регулярный пересмотр модели с учетом изменяющихся условий позволят не только повысить эффективность растениеводства, но и адаптироваться к новым вызовам, связанным с изменениями в аграрной политике и экономической ситуации [2].

Таким образом, результаты исследования подчеркивают значимость математического моделирования и оптимизации в аграрном секторе, а также необходимость комплексного подхода к управлению сельскохозяйственным производством для достижения устойчивого развития и повышения конкурентоспособности.

Дальнейшее повышение эффективности возможно за счет внедрения современных технологий и систем поддержки принятия решений, что позволит более точно прогнозировать урожайность и адаптировать технологические процессы к конкретным условиям поля.

Список литературы:

1. Акиндинов В. В., Курьянов А. В. Моделирование экономических процессов в АПК // Инновационные подходы в науке и образовании: теория, методология, практика: Монография / Под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.). 2017. С. 159-180. EDN XSRCSB.
2. Акиндинов В. В. Экономико-математическое моделирование в АПК / Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет. 2021. 99 с. ISBN 978-5-94664-452-5. EDN XVPZKM.
3. Анциферова О. Ю., Мягкова Е. А. Стратегическое планирование целей устойчивого развития сельского хозяйства // Международный

сельскохозяйственный журнал. 2015. № 2. С. 29-31. EDN TOASLR.

4. Браславец М. Е., Кравченко Р. Г. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве: для фак. и отд-ний экон. кибернетики / М.: Колос. 1972. 589 с

5. Бобрович Л. В., Картечина Н. В., Гончарова Н. А. Математические методы обработки экспериментальных данных в сельскохозяйственных науках: учебное пособие / Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет. 2023. 119 с. ISBN 978-5-94664-523-2. EDN DANQVC.

6. Искусственный интеллект в развитии АПК / В. В. Акиндинов, А. С. Лосева, Л. И. Никонорова и др. // Аграрная экономика в условиях новых глобальных вызовов (V Шаляпинские чтения): материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Мичуринск-наукоград РФ, 25 ноября 2022 года. Мичуринск-наукоград РФ: Мичуринский государственный аграрный университет. 2022. С. 6-10. EDN VAFHBJ.

7. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве: учебник по экономической специальности / А. М. Гатаулин, Г. В. Гаврилов, Т. М. Сорокина и др.; под ред. А. М. Гатаулина // Москва: Агропромиздат. 1990. 431.

8. Мягкова Е. А., Осипович Е. М. Основные компоненты и этапы развития стратегического управления // Наука и Образование. 2024. Т. 7 № 4. EDN PUETQG.

9. Мягкова Е. А., Федосеев А. С. Особенности управления сельскохозяйственными организациями // Аграрная экономика в современных условиях: проблемы и векторы развития: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Мичуринск, 26 ноября 2024 года. Мичуринск - Наукоград: ЗАО "Университетская книга". 2024. С. 372-375. EDN ERGBZZ.

10. Мягкова Е. А., Матчин Н. А. Планирование конкурентоспособности предприятия // Достижения и перспективы научно-инновационного развития

АПК: Сборник статей по материалам V Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курган, 13 февраля 2024 года. Курган: Курганский государственный университет. 2024. С. 228-232. EDN RZIESS.

11. Попова В. Б., Фецович И. В. Современный стратегический анализ в организациях АПК / Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет. 2020. 111 с. ISBN 978-5-94664-439-6. EDN RWMCFLL.

12. Попова В. Б., Лосева А. С. Статистика сельского хозяйства / Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет. 2023. 143 с. ISBN 978-5-94664-478-5. EDN AGVRVZ.

13. Смагин Б. И. Алгоритм вычисления производственного потенциала аграрного сектора экономики // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 1(64). С. 153-162. EDN QXGDAT.

14. Солопов В. А., Анциферова О. Ю., Акиндинов В. В. Регулирование затрат и формирование себестоимости продукции растениеводства с использованием экономико-математических методов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 2(73). С. 172-179. DOI 10.53914/issn2071-2243_2022_1_172. EDN TFZRMT.

15. Состояние и проблемы развития цифровизации сельского хозяйства в РФ / В. В. Акиндинов, А. С. Лосева, К. В. Акиндинов, В. В. Точилина // Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 3. EDN QHXQTP.

16. Шаляпина И. П., Анциферова О. Ю., Мягкова Е. А. Стратегическое планирование деятельности предприятия АПК / Санкт-Петербург: Издательство "Лань". 2017. 140 с. ISBN 978-5-8114-2390-3. EDN ZBULJN.

UDC 338.43: 338.984

**ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING IN THE
AGRICULTURAL SECTOR: OPTIMIZATION OF ACREAGE TO
MAXIMIZE PROFITS**

Kirill V. Akindinov

student

bokser6831@mail.ru

Natalia V. Kartechina

candidate of agricultural sciences, associate professor

kartechnatali@mail.ru

Valery V. Akindinov

candidate of economic sciences, associate professor

t34ert@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. The article discusses the importance of optimizing the structure of acreage in agriculture. The study is based on an analysis of the production processes of the Voskhod Agricultural Complex for the period 2017-2023 using economic and mathematical models. The aim of the work is to increase the efficiency of crop production through optimization of crops, which allows maximizing profits and improving the use of resources.

Key words: agro-industrial complex, optimization of the structure of acreage, economic and mathematical modeling, yield forecasting, crop production, profit, profitability.

Статья поступила в редакцию 20.03.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 20.03.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.