

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационное исследование Нарзуллозода Парвиза Лутфулло на тему *«Разработка математических и компьютерных моделей оптимизации процесса защиты растений с учётом временно-возрастной структуры и пространственного распределения»*, представленной на соискание учёной степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060110- Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

1. Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности.

Тема соответствует паспорту специальности 6D060110 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (пункты 2, 5, 7).

2. Актуальность темы исследования.

Проблема защиты сельскохозяйственных культур от вредителей является одной из наиболее острых в современном агропромышленном комплексе как на глобальном уровне, так и в масштабах Республики Таджикистан. Интенсификация сельского хозяйства, изменение климата и распространение инвазивных видов насекомых приводят к необходимости разработки более эффективных и экологически безопасных методов защиты растений. Особую остроту эта проблема приобретает для хлопководства – одной из ключевых отраслей экономики Таджикистана, поскольку хлопчатник подвержен воздействию широкого спектра вредителей, а традиционные химические методы борьбы становятся всё менее эффективными из-за развития резистентности.

Математическое моделирование динамики популяций вредителей и их естественных врагов (энтомофагов) позволяет перейти от эмпирического подхода к научно обоснованному управлению защитными мероприятиями. Однако подавляющее большинство существующих моделей либо ограничиваются точечным (непространственным) описанием, либо не учитывают возрастную структуру популяций. Между тем, хорошо известно, что уязвимость насекомых к химическим и биологическим воздействиям существенно зависит от их возраста (стадии развития – яйцо, личинка, куколка,

имаго). Аналогично, пространственная неоднородность полей приводит к неравномерному распределению вредителей, что требует дифференцированного подхода к проведению защитных мероприятий. Диссертационная работа направлена на преодоление указанных ограничений.

3. Степень научной новизны результатов диссертации и положения, выносимые на защиту. К числу наиболее значимых научных результатов диссертации следует отнести:

1. Построение системы интегро-дифференциальных уравнений, которая описывает динамику трёхуровневой трофической системы «растение – вредные насекомые – полезные насекомые» с учётом возрастной структуры популяций, пространственного распределения и произвольного вида трофических функций. В отличие от известных аналогов, предложенная модель включает как дифференциальные уравнения по времени для биомассы растения и внешнего ресурса, так и уравнения в частных производных по возрасту и пространственным координатам для численности вредителей и энтомофагов.
2. Теоретическое обоснование существования и единственности решения поставленных задач. Доказанные в работе теоремы (2.1.1, 2.1.2, 2.2.1) устанавливают необходимые и достаточные условия, при которых достигаются целевые показатели урожайности. В частности, получены явные выражения для пороговых значений численности вредителей N_2^p и энтомофагов N_3^p , что даёт практические критерии для принятия решений.
3. Разработка оптимизационных моделей интегрированного метода защиты растений. С использованием принципа максимума Понтрягина получены необходимые условия оптимальности для управляющих параметров (интенсивность внесения удобрений Q , объём интродукции энтомофагов P , доза химического препарата D). Найденные условия позволяют выбирать

между биологическим и химическим методами в зависимости от текущего состояния системы.

4. Создание численных алгоритмов (адаптированные методы Эйлера и Адамса) и программного комплекса на C++. Разработанные средства позволяют проводить вычислительные эксперименты, визуализировать пространственно-временную динамику популяций и верифицировать теоретические результаты.

4. Степень изученности научной темы. Анализ литературных источников, представленный в диссертации, показывает, что существующие математические модели, как правило, не учитывают одновременно два существенных фактора: возрастную структуру популяций и пространственную неоднородность распределения организмов. Учёт этих факторов критически важен для точного описания процессов в реальных агроценозах, особенно в условиях горного рельефа Таджикистана.

5. Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка цитированной литературы из 173 наименований. Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи, показана научная новизна и практическая значимость. В первой главе проведён аналитический обзор литературы по теме исследования. Во второй главе разработаны математические модели и доказаны теоремы существования, единственности и оптимальности. Третья глава посвящена численным методам и программной реализации. В четвёртой главе представлены анализ результатов и рекомендации по практическому использованию.

6. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость диссертации. Практическая значимость работы определяется возможностью использования созданного программного комплекса для оптимизации защиты хлопчатника в конкретных агроклиматических условиях Таджикистана. Разработанные рекомендации позволяют снизить количество химических

обработок, сократить экономические затраты и уменьшить экологический ущерб.

7. Публикация результатов исследования по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, из которых 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Президенте Республики Таджикистан, из них одна статья опубликована в международной базе данных Web of Science. Основные результаты докладывались на международных и республиканских научных конференциях (Республиканская научно-практическая конференция ТНУ, 2021; Международная конференция «Компьютерный анализ проблем науки и технологий», 2023; XII международная конференция «Современные проблемы математического моделирования», 2024).

8. Соответствие диссертации требованиям Комиссии. Диссертация соответствует требованиям Порядка присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267. Автореферат диссертации соответствует требованиям Порядка присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267.

Несмотря на это, в диссертации имеются некоторые недостатки, среди которых можно выделить следующие:

1. При постановке оптимизационной задачи с возрастной и пространственной структурами (раздел 2.5) используется достаточно сложный оператор ∂_{tax} , включающий диффузионные и адвективные члены. В работе не приведены конкретные значения коэффициентов диффузии и скорости переноса для численных экспериментов, что затрудняет интерпретацию результатов с точки зрения реальных полевых условий.
2. В тексте диссертации и автореферата встречаются отдельные технические погрешности (некоторые формулы имеют некорректное отображение символов, имеются повторы строк).

Указанные замечания не являются принципиальными и не ставят под сомнение основные выводы диссертации.

Заключение. Диссертационная работа Нарзуллозода Парвиза Лутфулло представляет собой законченное научное исследование, выполненное на высоком теоретическом и методическом уровне. Работа соответствует требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора философии (PhD), а её автор заслуживает присуждения искомой степени по специальности 6D060110 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры высшей математики
Таджикского технического университета
имени академика М.С. Осими
«02» «06» 2026г.

Хафизов Х.М.

Адрес: Республика Таджикистан,
734042, г. Душанбе,
проспект академиков Раджабовых 10
Тел: +992 (372) 21-35-11,
<https://web.ttu.tj/ru>
E-mail: info@ttu.tj, ttu@ttu.tj

Подпись Хафизов Х.М. подтверждаю
Начальник УКИСР
Таджикского технического университета
имени академика М.С. Осими



Кодирзода Н.Х.

Адрес: Республика Таджикистан,
734042, г. Душанбе,
проспект академиков Раджабовых 10
Тел: +992 (372) 21-35-11,
<https://web.ttu.tj/ru>
E-mail: info@ttu.tj, ttu@ttu.tj
«02» «06» 2026г.