

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 6D060100-Математика (6D060110-Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ).

1. Соответствие темы диссертации паспорту научной специальности.

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

2. Актуальность темы исследования.

Сельское хозяйство Республики Таджикистан является стратегической отраслью экономики, обеспечивающей продовольственную безопасность и занятость значительной части населения. При этом горный рельеф и континентальный климат страны создают специфические условия для земледелия: лишь небольшая часть территории пригодна для выращивания сельскохозяйственных культур, а экосистемы отличаются высокой уязвимостью к антропогенным воздействиям. В этих условиях защита растений от вредных организмов приобретает особое значение. Традиционные подходы к защите растений, основанные преимущественно на химических методах, демонстрируют снижение эффективности из-за адаптации вредителей и наносят ущерб окружающей среде. Современное сельское хозяйство нуждается в интегрированных системах защиты, сочетающих биологические, химические и агротехнические методы, применение которых должно быть строго оптимизировано.

Математическое моделирование предоставляет мощный инструмент для решения задач оптимизации, позволяя учитывать сложные нелинейные

взаимодействия в системе «растение – вредные насекомые – полезные насекомые». Однако, как справедливо отмечает диссертант, существующие модели часто не охватывают одновременно два критически важных фактора: возрастную структуру популяций вредителей и энтомофагов (их уязвимость различна на разных стадиях развития) и пространственную неоднородность распределения организмов по полю. Без учёта этих факторов прогнозы динамики популяций и рекомендации по управлению могут быть недостаточно точными. Таким образом, диссертационная работа является высокоактуальной.

3. Степень научной новизны результатов диссертации и положения, выносимые на защиту. В диссертации получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

1. Построена система интегро-дифференциальных уравнений, описывающая популяционную динамику насекомых с учётом возрастного состава, пространственного фактора и произвольных трофических функций. Указанная модель объединяет в себе как уравнение роста биомассы растений, так и уравнения для численности вредителей, и энтомофагов с частными производными по возрасту и пространственным координатам.
2. Выполнено теоретическое обоснование разработанных моделей: доказаны теоремы существования и единственности решения, а также обоснована применимость принципа максимума Понтрягина для решаемых задач оптимального управления. В частности, доказаны теоремы 2.1.1, 2.1.2, 2.2.1, 2.4.1–2.4.3, устанавливающие необходимые и достаточные условия достижения целевых показателей урожайности при заданных порогах вредоносности.
3. Предложены интегрированные способы оптимизации защиты растений и адаптационные модели для условий Таджикистана. Разработанные модели учитывают региональные особенности агроценозов и специфику

хлопководства, включая комбинированное применение химических и биологических методов.

4. Созданы и проанализированы численные методы решения системы уравнений, включая адаптацию методов Эйлера и Адамса с оценкой погрешностей. Проведено сравнение указанных методов, показавшее преимущество метода Адамса при интегрировании на длительных интервалах.
5. Разработан программный комплекс на языке С++ для численного моделирования, представления пространственно-временной динамики и верификации результатов. Все программные средства созданы лично соискателем.

4. Степень изученности научной темы. Автором проведён глубокий анализ литературы (173 источника), показано, что существующие модели не учитывают одновременно возрастную структуру и пространственное распределение.

5. Объем и структура диссертации. Диссертация (объёмом 145 страниц) состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка цитированной литературы из 173 наименований. Во введении на основании актуальности выбранной темы определены цель, задачи, объект и предмет исследования, научная новизна, практическая значимость полученных результатов.

В главе 1 проведён аналитический обзор литературы по теме исследования. В частности, рассмотрены существующие математические модели защиты растений.

В главе 2 разработаны математические модели и доказаны теоремы существования, единственности и оптимальности. В частности, доказаны теоремы 2.1.1, 2.1.2, 2.2.1, 2.4.1–2.4.3, устанавливающие необходимые и достаточные условия достижения целевых показателей урожайности при

заданных порогах вредоносности, получены явные выражения для пороговых значений численности вредителей N_2^p и энтомофагов N_3^p .

В главе 3 разработаны численные методы (адаптированные методы Эйлера и Адамса) и программный комплекс на C++.

В главе 4 представлены анализ результатов и рекомендации по практическому использованию.

Заключение состоит из 6 пунктов, подводящих итоги работы.

6. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость диссертации. Практическая значимость работы состоит в том, что разработанный программный комплекс позволяет оптимизировать стратегии защиты хлопчатника, разрабатывать конкретные рекомендации по комбинированному применению химических и биологических методов с учётом региональных особенностей. Внедрение результатов исследования обеспечит снижение экономических затрат и экологической нагрузки при сохранении урожайности. Полученные результаты могут быть использованы сельхозпроизводителями, службами защиты растений и экологического мониторинга.

7. Публикация результатов исследования по теме диссертации. Результаты опубликованы в 13 научных работах, из которых 7 статей – в изданиях, входящих в перечень ВАК при Президенте Республики Таджикистан, из них одна статья опубликована в международной базе данных Web of Science. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на международных и республиканских 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 (п. 1.3.3, 3.4, 3.5). Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание исследования, в нём обоснованы и полностью объяснены значимые научные результаты.

Несмотря на это, в диссертации имеются некоторые недостатки, спорные положения, статистические ошибки, грамматические орфографические ошибки, среди которых можно выделить следующие:

1. В представленных материалах недостаточно полно раскрыт выбор конкретных значений биологических параметров (коэффициенты рождаемости, смертности, трофические функции) для численных экспериментов, что несколько затрудняет воспроизводимость результатов и оценку их чувствительности к вариации параметров.
2. При сравнении численных методов (Эйлера и Адамса) желательно было бы привести количественные оценки накопления вычислительной погрешности для типичных сценариев, а также обосновать выбор шага интегрирования с точки зрения точности.
3. Оформление автореферата содержит некоторые технические недочёты (некорректное отображение части символов, дублирование строк).

Указанные замечания и недостатки в целом не снижают качество и положительную научную оценку данной диссертации и не оказывают отрицательного влияния на ее научный уровень.

Заключение о соответствии диссертации критериям. Диссертационная работа Нарзуллозода Парвиза Лутфулло является завершённым научно-квалификационным исследованием, выполненным на высоком научно-методическом уровне, соответствует требованиям п. 1.3.3, 3.4 и 3.5 Порядка

присуждения учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267, а её автор заслуживает присуждения искомой учёной степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060100 – Математика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
доцент кафедры информационно-коммуникационных
технологий и программирования
Таджикского государственного университета
права, бизнеса и политики

 Мухаммади Ш.Ф.

« 05 » « 06 » 2026г.

Адрес: Республика Таджикистан,
Согдийская область, г. Худжанд; 17 мкр-р., дом 1
Тел: +992(3422)2-38-11,
<http://tsulbp.tj/>
E-mail: Info@tsulbp.tj, tsulbp@rambler.ru

Подпись Мухаммади Ш.Ф. подтверждаю:

Начальник УКИСР
Таджикского государственного университета
права, бизнеса и политики



Бобоев А.Х.

Адрес: Республика Таджикистан,
Согдийская область, г. Худжанд; 17 мкр-р., дом 1
Тел: +992(3422)2-38-11,
<http://tsulbp.tj/>
E-mail: Info@tsulbp.tj, tsulbp@rambler.ru

« 05 » 06 2026 г.