

# К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ КУКУРУЗЫ ОТ НАСЕКОМЫХ-ВРЕДИТЕЛЕЙ ПРИ ПОМОЩИ АГРОДРОНОВ И НАЗЕМНЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

**А. В. ЛЕНСКИЙ, А. А. ЖЕШКО**

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: alex\_lensky@mail.ru

(Поступила в редакцию 02.10.2025)

В статье приведено общее техническое описание агродронов, подробно изложено устройство силовой установки, системы управления и навигации, а также наземного и вспомогательного оборудования. Рассмотрены особенности настройки параметров химической обработки для обеспечения безопасности выполнения технологических операций по внесению химических средств защиты растений. Представлена программа экспериментальных исследований, которые проводились с целью сравнительной оценки мероприятий по защите кукурузы от насекомых-вредителей при помощи агродронов и наземных опрыскивателей. Подробно рассмотрены методические подходы проведения сравнительной оценки мероприятий по защите кукурузы от насекомых-вредителей при помощи агродронов и опрыскивателей (наземных технических средств), где представлены характеристики условий проведения исследований, повторность реализации экспериментов, а также особенности выполнения подготовительных операций и проведения хронометража. Представлена графическая интерпретация схемы экспериментальных исследований, где изображена схема движения наземного опрыскивателя и агродрона по обрабатываемому участку, а также указаны геометрические параметры рабочего участка и особенность отбивки поворотных полос для наземного опрыскивателя. Также изложены методические подходы оценки биологической эффективности обработки кукурузы от насекомых-вредителей при помощи агродрона, где представлены требования к проведению экспериментов и технологические параметры работы агродрона, особенности приготовления рабочего раствора и последовательность проведения инсектицидной обработки. Представлены результаты маршрутных обследований посевов кукурузы и определение локаций для проведения сравнительной оценки агродрона и штангового опрыскивателя. Установлено, что эффективность обработки против стеблевого кукурузного мотылька целесообразно выполнять непосредственно перед уборкой, а эффективность биологической обработки против западного кукурузного жука оценивается на 3–7 день после проведения опрыскивания.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, сельское хозяйство, химическая защита растений, насекомые-вредители, параметры эксплуатации агродрона, эксперимент.

This article provides a general technical description of agrodrones, detailing the design of the power unit, control and navigation system, as well as the ground and auxiliary equipment. It also examines the specifics of setting up chemical treatment parameters to ensure the safety of crop protection chemical application operations. A program of experimental studies is presented, which were conducted to comparatively evaluate corn protection measures from insect pests using agrodrones and ground sprayers. This article examines in detail methodological approaches to comparative evaluation of corn insect pest control measures using agrodrones and sprayers (ground-based equipment). It presents characteristics of the research conditions, the repeatability of experiments, as well as the specifics of preparatory operations and timing. A graphical interpretation of the experimental design is provided, depicting the movement of the aerial sprayer and agrodrome across the treatment area, as well as the geometric parameters of the work area and the specifics of establishing headlands for the ground sprayer. Methodological approaches to assessing the biological effectiveness of corn insect pest control using agrodrones are also presented. These include requirements for conducting experiments and the technological parameters of the agrodrome, the specifics of preparing the working solution, and the sequence of insecticide treatment. The article also presents the results of route surveys of corn crops and the identification of locations for a comparative evaluation of the agrodrome and boom sprayer. It has been established that the effectiveness of treatment against the European corn borer is best achieved immediately before harvesting, while the effectiveness of biological treatment against the western corn rootworm is assessed 3–7 days after spraying.

**Key words:** unmanned aerial vehicle, agriculture, chemical plant protection, insect pests, agrodrome operating parameters, experiment.

## Введение

В настоящее время урожайность сельскохозяйственных культур напрямую зависит от качественного применения химических средств защиты растений, поскольку своевременное их внесение предотвращает потери продукции от негативного влияния сорных растений, болезней и насекомых-вредителей. Критериями эффективного выполнения химической обработки должны являться показатели производительности, биологической и экономической эффективности, а также снижение экологической нагрузки на окружающую среду.

Существенным резервом повышения производительности выполнения химических обработок является применение беспилотных летательных аппаратов (БЛА), что позволяет выполнять агротехнические операции по уходу за сельскохозяйственными культурами в сжатые агротехнические сроки и «разгрузить» энергетические средства машинно-тракторного парка хозяйства для их использования на выполнении других сельскохозяйственных работ. Широкая номенклатура появившихся в настоящее время агродронов требует тщательной научной проработки вопросов их эксплуатации и сравнения ра-

боты БЛА с полевыми опрыскивателями, разработки методики полевых испытаний, поиска путей повышения показателей экономической эффективности, а также уменьшения негативного влияния химических обработок на окружающую среду и нахождения оптимальных параметров полета для обеспечения максимальной биологической эффективности рабочих растворов средств защиты растений.

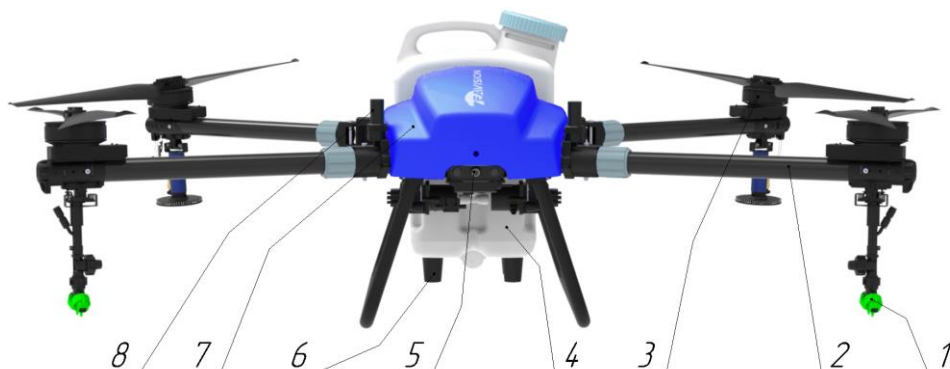
Проведенные до настоящего времени зарубежными и отечественными учеными исследования можно считать отправной точкой для обоснования оптимальных параметров работы агродронов, однако важнейшим этапом также является проведение сравнительной оценки мероприятий по защите сельскохозяйственных культур при помощи БЛА и наземных технических средств.

### Основная часть

*Общее техническое описание агродронов.* В общем виде агродрон представляет собой модульную конструкцию, которая состоит из рамы, на которой смонтированы основные узлы, рабочие и вспомогательные элементы беспилотного летательного аппарата. В зависимости от комплектации функциональные возможности агродронов могут существенно отличаться. Агродроны могут оснащаться ультразвуковыми датчиками, которые позволяют осуществлять автоматическую посадку и избегать столкновения с препятствиями во время полета, акселерометром для стабилизации положения БЛА в горизонтальном положении, барометрическими датчиками для фиксации дрона на заданной высоте и автопилотом, который позволяет сформировать маршрут для перемещения БЛА, обеспечить его работу и возвращение в исходную точку в автоматическом режиме [1–4].

Средняя масса агродрона с установленными аккумуляторами и оборудованием для внесения пестицидов составляет 30–50 кг, а полезная нагрузка находится в интервале от 30 до 70 кг. В соответствии с полезной нагрузкой варьируют габаритные размеры БЛА. В среднем, габаритная ширина агродрона в рабочем положении составляет 2,8 м, высота – 0,7 м. В транспортном положении ширина достигает 0,7 м., что достигается реализацией инновационных решений в конструкции рамы и механизме складывания лучей. В качестве материалов для изготовления дронов применяют износостойкий и прочный авиационный алюминий, из которого изготавливают шасси и раму. Несущие элементы конструкции создают из углеродного ударопрочного пластика, пропеллеры и лучи, как правило, изготавливают из карбона.

К общим эксплуатационным характеристиками, которым должен соответствовать современный агродрон, можно отнести следующие. При опрыскивании сельскохозяйственных культур минимальная рабочая высота должна составлять не менее чем 1 м над культурой, а максимальная высота полета может достигать 5 м и более. При выполнении химических обработок максимальное время полета (до полного опорожнения бака для рабочего раствора) не превышает 15–20 мин. Максимальное время полета с полностью загруженным баком составляет до 10 мин. Дальность полета при отсутствии препятствий достигает 3 км, а наибольший угол крена 30°. Для эффективного опрыскивания большинства сельскохозяйственных культур необходимо, чтобы агродрон двигался со скоростью не превышающей 10–12 м/с, транспортная скорость при этом должна составлять порядка 20 м/с для повышения производительности химзащитных работ при пополнении холостых проходов и возвращении к месту заправки. Агродрон должен обеспечивать наилучшие технико-экономические показатели процесса внесения пестицидов при колебании температур в диапазоне от 0 °С до +40 °С и скорости ветра не превышающем 5 м/с. На рис. 1 представлена схема агродрона с наиболее типичной комплектацией.



- 1 – форсунки (щелевые или центробежные); 2 – луч; 3 – мотор с регулятором оборотов;  
4 – бак для химических средств защиты растений с установленной системой подачи раствора;  
5 – камера фронтальная; 6 – система радаров; 7 – крышка; 8 – антенны связи

Рис. 1. Общая схема агродрона

В соответствии с рис. 1 агродрон с оборудованием для внесения пестицидов состоит из щелевых или центробежных форсунок 1, лучей 2, моторов с регуляторами оборотов 3, бака для химических средств защиты растений с установленной системой подачи раствора 4, фронтальной камеры 5, системы радаров 6, крышки 7 и антенн связи 8.

К полезной нагрузке агродрона относится система внесения химических средств защиты растений, которая состоит из бака, центробежных либо щелевых форсунок, трубопроводов, одного или нескольких насосов, датчиков уровня и расхода рабочего раствора. Производительность водяных насосов современных агродронов составляет не менее 16 л/мин, что позволяет обеспечивать внесение рабочего раствора в диапазоне ширины захвата до 10 м. Центробежные форсунки обеспечивают распыление рабочего раствора в диапазоне от 50 до 500 мкм и могут быть оснащены системой водяного охлаждения для повышения ресурса их работы.

Также к полезной нагрузке относятся радары для превращения столкновений и поддержания высоты, светодиодные контрольные фонари и фронтальная камера. Радар высоты устанавливается, как правило, в нижней части дрона и отслеживает с его помощью изменения рельефа в направлении движения с корректировкой высоты, что обеспечивает равномерное внесение средств защиты растений. Рабочий диапазон функционирования радара высоты находится в пределах от 0,3 до 15 м, при этом точность должна составлять не менее 0,5 м. Радары предотвращения столкновений позволяют установить расстояние между движущимся дроном и препятствием в направлении полета. На некоторых моделях могут использоваться круговые радары, позволяющие обнаруживать препятствие в любом направлении. Препятствия могут быть зафиксированы в диапазоне от 1 до 25 м с точностью не менее 0,1 м. Наибольшую эффективность радары обеспечивают при скорости полета не превышающей 6 м/с, высоте полета не менее 2 м и угле крена до 20°.

Для передачи видеоизображения на пульт оператора используется фронтальная камера с подсветкой, что позволяет контролировать окружающую обстановку. Для улучшения визуального контроля за работой агродрона в темное время суток используются светодиодные фонари, которые встраиваются в лучи. Радары предотвращения столкновений и высоты, светодиодные фонари и фронтальная камера не сильно изменяют массу агродрона, не потребляют много энергии и не ухудшают динамику полета. Целевая нагрузка (раствор для внесения пестицидов) увеличивает массу, но также не влияет на центровку агродрона. С помощью контроллера осуществляется корректировка работы моторов с учетом динамического изменения массы БЛА.

Силовая установка, как правило, состоит из бесколлекторных электродвигателей, регуляторов оборотов и воздушных винтов. Источником энергии служат аккумуляторы, которые имеют соответствующие протоколы испытаний и сертификаты. Для осуществления контроля за уровнем заряда аккумулятора используются специальные приложения пульта управления, также информацию об уровне заряда можно визуально контролировать при помощи пятиступенчатого светодиодного индикатора на корпусе аккумулятора. В случае низкого уровня заряда (первый уровень) оператор получает соответствующее сообщение, а при достижении критического заряда (второй уровень) предусматривается автоматический возврат агродрона на точку взлета либо немедленная посадка. Гарантийный срок эксплуатации аккумуляторов должен составлять не менее 650 циклов, а современные модели батарей имеют ресурс более 2000 циклов. Данные о количестве циклов конкретного аккумулятора можно получить с помощью специальных приложений.

Система управления и навигации агродрона формируется по модульному принципу. В передней части на специальной площадке располагаются приемник радиосигнала, полетный контроллер, модуль точного позиционирования и GPS приемник. Антенны модуля точного позиционирования размещаются по краям площадки, при этом минимальное расстояние между ними должно составлять не менее 40 см. Антенны для связи с пультом управления располагаются под несущей рамой. В передней и задней частях агродрона, как правило, располагаются платы для подключения силовой установки и полезной нагрузки к полетному контроллеру.

Для определения местоположения агродрона в пространстве используется спутниковая система позиционирования GPS, а также модуль точного позиционирования RTK, который может работать с собственной базовой станцией или посредством получения дифференциальных поправок NTRIP. Точность, обеспечиваемая системой глобального позиционирования, должна составлять не менее 1,5 м в горизонтальной и 0,5 м в вертикальной плоскости. Система точного позиционирования позволяет получить до 0,05 м в горизонтальной и 0,1 м в вертикальной плоскостях.

Пульт дистанционного управления предназначен для управления агродроном. При этом канал радиочастот должен соответствовать законодательству Республики Беларусь. Для стабильной и устойчивой работы расстояние между агродроном и пультом управления должно быть не более 1 км. Пульт отображает информацию о маршруте полета, видео с камеры, а также параметры полета и внесения пестицидов. Управление осуществляется с помощью стиков, кнопок и переключателей. Для информирования оператора в процессе эксплуатации агродрона предусмотрены сигналы, которые отображаются на пульте управления. Данные сигналы информируют оператора о необходимости калибровки акселерометра, магнитного компаса, GPS и других систем, предупреждают об уровне радиосигнала и качестве точного позиционирования, записи маршрута, критическом уровне заряда аккумулятора, срабатывании радаров препятствий, остатке рабочего раствора в баке, возврате на точку взлета и изменении режима полета [5–6].

**Наземное вспомогательное оборудование.** Транспортировка агродрона должна осуществляться на грузовом микроавтобусе, при этом агродрон должен быть зафиксирован ремнем, продетым через монтажные кронштейны рамы, а лопасти винтов должны быть переведены в транспортное положение и зафиксированы специальными креплениями. Емкость для пестицидов должна быть тщательно очищена и пуста во время транспортировки. Аккумулятор во время транспортировки должен быть снят. Для зарядки аккумуляторов в полевых условиях целесообразно использовать бензиновый генератор с розеткой 32А и мощностью не менее 7 кВт. Для контроля метеоусловий, в частности, измерения скорости ветра используется портативный ультразвуковой анеометр, установленный на штативе на высоту порядка 3 м.

**Настройка параметров химической обработки.** Для обеспечения безопасности выполнения технологических операций по внесению химических средств защиты растений необходимо выполнить ряд подготовительных настроек, последовательность которых определена в руководстве по эксплуатации агродронов, где приводится оценка рисков при выполнении полетов гражданского беспилотного летательного аппарата.

Планирование маршрута полета необходимо проводить после выполнения подготовительных предполетных процедур и осуществлять его с учетом программы и методики экспериментальных исследований. Для большинства серийно выпускаемых агродронов составление плана осуществляется с использованием специальных программных приложений (рис. 2). Приложения позволяют устанавливать скорость полета, высоту выполнения химических обработок, норму внесения рабочего раствора и задавать другие параметры.

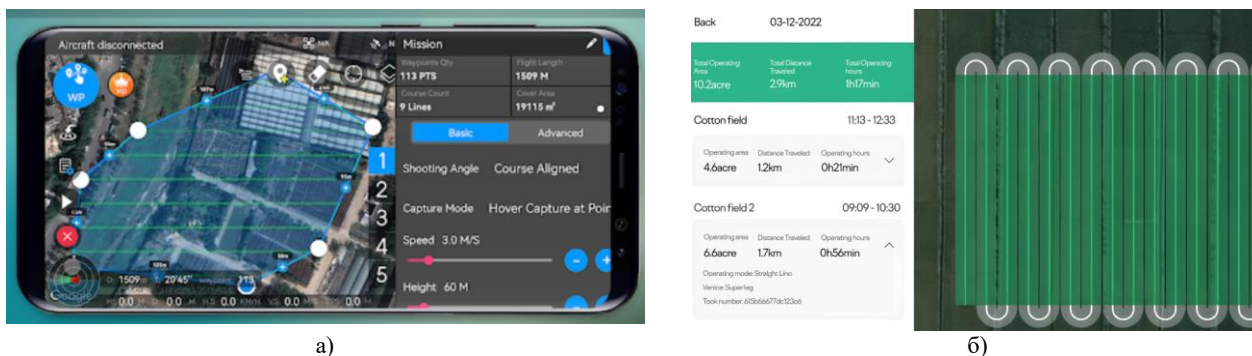


Рис. 2. Приложения для настройки параметров полета:  
а) приложение DJI; б) приложение XAG

Предполетная подготовка также включает обязательную проверку стабильности работы системы внесения пестицидов. Для этих целей в полевых условиях проводят проверку корректности работы данной системы и в случае необходимости калибруют весовой модуль и датчик потока в соответствии с рекомендациями, приведенными в руководстве по эксплуатации производителя агродрона. Равномерность распределения рабочей жидкости каждой из форсунок проверяется и сравнивается с общим расходом при выполнении предварительных настроечных полетов до проведения основных экспериментальных исследований.

Далее в соответствии с планом проведения экспериментальных исследований осуществляется приготовление рабочего раствора. При этом необходимо учитывать, что для различных схем внесения препарата могут использоваться растворы различной концентрации, в этой связи нужно строго соблюдать рекомендуемую норму внесения рабочего раствора.

*Программа экспериментальных исследований.* Для сравнительной оценки мероприятий по защите кукурузы от насекомых вредителей при помощи агродронов и штанговых опрыскивателей программой экспериментальных исследований предусматривается решить следующие задачи:

1. Провести сравнительную оценку мероприятий по защите кукурузы с использованием агродронов и опрыскивателей при фиксированной ширине опрыскивания и рекомендуемой высоте полета. Провести исследования по осаждению капель на поверхность почвы (по возможности).

Цель – определить технико-экономические показатели выполнения технологической операции по химической обработке кукурузы и дать сравнительную оценку эффективности применения БЛА и опрыскивателя.

2. Выполнить оценку биологической эффективности действия инсектицидов против стеблевого мотылька и западного кукурузного жука при использовании БЛА и опрыскивателя.

Цель – установить показатели снижения численности насекомых-вредителей (западного кукурузного жука) и уменьшения повреждаемости культурных растений стеблевым мотыльком при обработке кукурузы с использованием БЛА и опрыскивателя.

*Методические подходы экспериментальных исследований.* Цель полетов – определение технико-экономических показателей работы БЛА и опрыскивателя при выполнении технологической операции по химической обработке кукурузы. Полеты БЛА осуществляются в ручном и/или автоматизированном режиме с целью проведения химической обработки в условиях VLOS в сегрегированном воздушном пространстве над землями сельскохозяйственного назначения (полевые участки). Движение опрыскивателя осуществляется на выделенном участке челночным способом.

Полеты гражданского БЛА выполняются на основании поданной в Центр единой системы организации воздушного движения (ЦЕС ОрВД) и одобренной заявки на использование воздушного пространства Республики Беларусь (ИВП).

*Условия проведения экспериментальных исследований.* Выполнение технологической операции по химической обработке кукурузы агродроном проводится при следующих режимах полета и метеоусловиях:

- максимальная рабочая скорость полета при опрыскивании – до 10 м/с;
- максимальная рабочая высота полета – до 5 м над культурой, максимальная высота возврата на точку взлета – до 20 м;
- максимальная дальность полета – зона радиусом в 500 м. от точки взлета;
- максимальная допустимая скорость ветра – 5 м/с, рабочая температура – от +15 °С до +40 °С, погодные ограничения: туман, дождь, шквалистый ветер, мокрый снег, снег с дождем;
- время полета: день, вечер.

Выполнение технологической операции по химической обработке кукурузы опрыскивателем проводится при следующих режимах работы и метеоусловиях:

- максимальная рабочая скорость движения – до 3,3 м/с;
- максимальная допустимая скорость ветра – 5 м/с, рабочая температура – от +15 °С до +40 °С, погодные ограничения: туман, дождь, шквалистый ветер, мокрый снег, снег с дождем;
- время работы: день, вечер.

На качество опрыскивания при помощи агродрона оказывает влияние возможность сноса препарата, поэтому для контроля этого риска следует руководствоваться практическими рекомендациями: выполнять обработку на высотах не более 5 м над культурой и скорости порядка 8 м/с (в настоящем исследовании оценка сноса не проводится).

Экспериментальные исследования должны проводиться при минимальной вариации температуры воздуха и скорости ветра, чтобы исключить или снизить потенциальные риски, связанные с воздействием указанных факторов на процесс распыления и осаждения капель рабочего раствора.

Измерения метеорологических параметров проводятся при помощи портативной метеостанции.

Для корректного отображения параметров окружающей среды измерительное оборудование должно быть установлено стационарно на расстоянии 10–20 м от экспериментального участка и на высоте 3 метра над землей.

*Методические подходы проведения сравнительной оценки мероприятий по защите кукурузы от насекомых вредителей при помощи агродронов и опрыскивателей (наземных технических средств).* Для проведения сравнительной оценки мероприятий по защите кукурузы от насекомых вредителей при помощи агродронов и опрыскивателей (наземных технических средств) выбираются аналогич-

ные по геометрическим размерам и рельефу рабочие участки, площадь обработки для которых является эквивалентной [7].

Характеристики условий проведения исследований записываются на отдельном листе с указанием даты и места проведения исследований, характеристики культуры (сортовые особенности, стадия роста, высота), характеристики участка и метеоусловий (размер участка, рельеф, температура и относительная влажность воздуха, скорость и направление ветра по отношению к полету БЛА).

С 3-кратной повторностью проводят измерения характеристик и параметров полета БЛА. При этом вносят в таблицу значения скорости полета, высоты полета над культурой, ширину и норму внесения рабочего раствора, скорость вращения атомизаторов форсунок (или размер капли), расход заряда аккумулятора, производительность.

Путем проведения хронометража определяют подготовительно-заключительное время, которое учитывает подготовку БЛА к работе, время одного прохода, а также время на выполнение разворотов в конце гона. Значения данных показателей и информация о времени обработки всего экспериментального участка позволяют вычислить коэффициент рабочих ходов БЛА как отношение времени рабочих ходов к общему времени обработки. Определение времени перезаправки технологической емкости БЛА новой порцией рабочего раствора позволяет вычислить коэффициент использования времени смены при работе агродрона, что при известной рабочей ширине внесения раствора и скорости полета, позволяет определить сменную производительность.

Перед началом исследований определяют рабочую ширину захвата путем измерения шага расстановки распылителей на штанге и определения общей длины штанги (контроль). Для определения расхода рабочей жидкости (производительности) опрыскивателя контролируют расход через отдельные распылители и вычисляют общий расход рабочей жидкости в единицу времени. Также перед началом исследования подготавливают участок к работе, намечают линию первого прохода и отбивают поворотные полосы.

Путем проведения хронометража определяют подготовительно-заключительное время для опрыскивателя, которое включает время на проведение ежедневного технического обслуживания, время на подготовку агрегата к переезду на рабочий участок, время на технологические переезды. Дополнительно учитываются и фиксируются время на техническое обслуживание опрыскивателя в течение смены, время регламентированных перерывов на отдых и личные надобности. Путем выполнения хронометража также определяют время на подготовку раствора и заполнение накопительной емкости новой порцией рабочей жидкости. Коэффициент использования времени смены для опрыскивателя определяют как отношение времени основной работы к действительному времени смены.

Для проведения сравнительной оценки мероприятий по защите кукурузы от насекомых вредителей при помощи агродронов и опрыскивателей дополнительно вычисляют удельный расход топлива и электроэнергии, удельную материалоемкость и другие технико-экономические показатели.

Визуализация схемы экспериментальных исследований представлена на рис. 3. Агродрон перемещается над центральным рядком и обрабатывает при фиксированной ширине опрыскивания до 10 рядков кукурузы с междурядьями 70 см. Результаты каждого опыта фиксируются не менее трех раз в целях обеспечения сопоставимости и оценки стабильности выходного параметра. Таким образом, рабочая ширина захвата опрыскивателя составляет не менее 7 м. Длина гона при обработке БЛА равна рабочей длине участка, поскольку при работе агродрона для его разворота и захода на новую позицию не требуется дополнительного пространства.

Для определения технико-экономических параметров опрыскивателя на эквивалентном по площади участке отбивают поворотные полосы, ширина которых равна рабочей ширине захвата штангового опрыскивателя. Работу начинают с выполнения рабочих ходов, а в конце опыта проводят обработку поворотных полос рабочего участка. Таким образом, в соответствии с рис. 3 длина рабочего участка определяется как сумма рабочей длины гона и ширин поворотных полос.

*Методические подходы оценки биологической эффективности обработки кукурузы от насекомых-вредителей при помощи агродрона.* Экспериментальные исследования должны проводиться при максимальной скорости ветра не более 5 м/с и температуре окружающей среды до +30 °С. Технологические параметры агродрона устанавливаются на основании ранее выполненной оценки качества осаждения рабочего раствора: норма внесения рабочего раствора – 10 л, установленная ширина внесения – 8 м (ширина полетного галса – 6 м), скорость полета – 7–8 м/с, высота полета – 3,5–4 м над культурой, размер капли – 150 мкм.

Экспериментальные исследования по защите кукурузы от стеблевого кукурузного мотылька проводятся в стадии «8–10 листьев» при высоте растений 1,5–1,7 м (III декада июня – I декада июля), от западного кукурузного жука в стадии «цветение – развитие первых зерен» при высоте растений 2,0–3,0 м (III декада июля – I декада августа)

Рабочий раствор для проведения исследований по биологической оценке эффективности действия пестицидов готовится непосредственно перед обработкой (емкость заполняется на 2/3 водой, добавляется необходимый объем пестицида и раствор перемешивается, добавляется оставшийся объем воды и готовый раствор снова перемешивается).

Инсектицидная обработка кукурузы проводится после предварительной оценки пороговых значений численности вредителей: стеблевой кукурузный мотылек – 1–2 яйцекладки/100 растений (при возделывании на зерно) и 2–3 яйцекладки/100 растений (при возделывании на зеленую массу); западный кукурузный жук – 20 особей/ловушку за 7 суток.

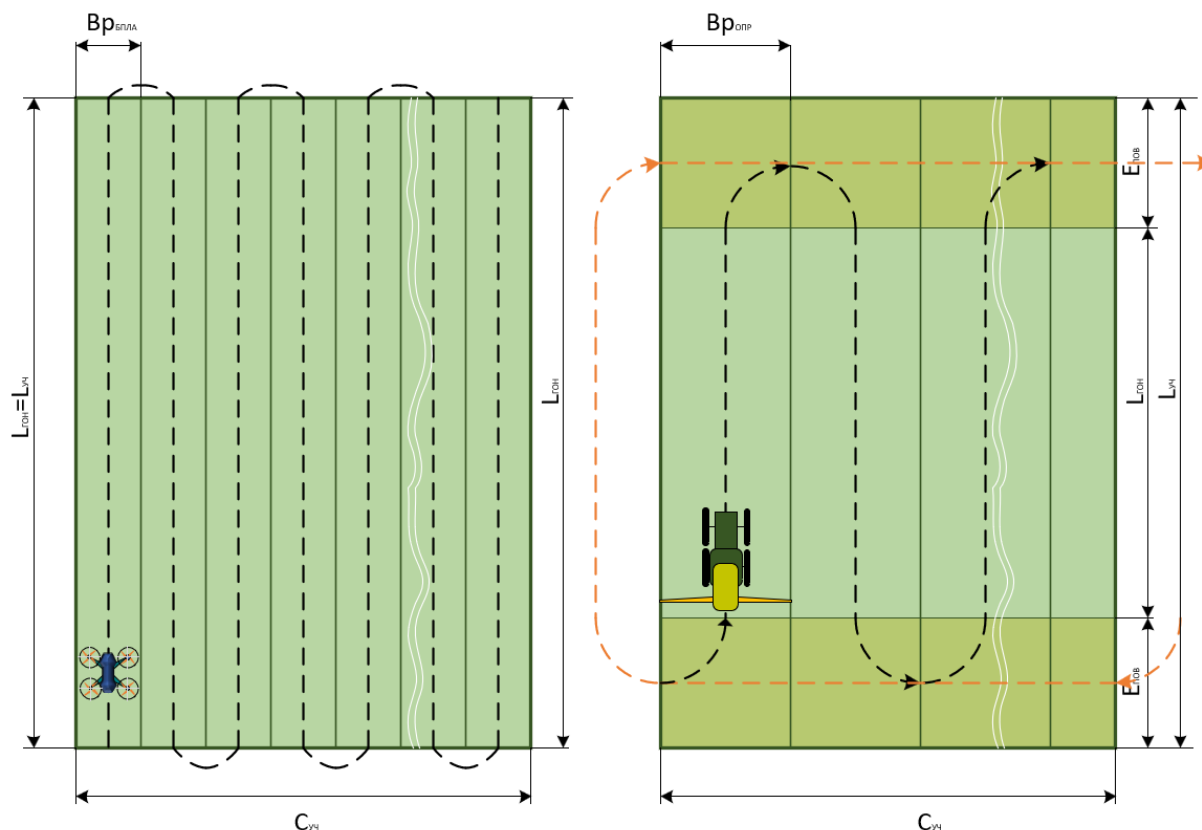


Рис. 3. Схема экспериментальных исследований

Эксперименты по определению биологической эффективности обработки кукурузы от насекомых-вредителей осуществляются на отдельных полевых участках методом сплошного опрыскивания при ранее определенных рациональных параметрах эксплуатации агродрона.

Эффективность обработки против стеблевого кукурузного мотылька определяют непосредственно перед уборкой. Стебли и початки осматривают, срезают на уровне почвы и, при наличии повреждений вредителем, вскрывают их вдоль до основания. Определяется количество гусениц и рассчитывается степень поврежденности растений в сравнении с базовым вариантом (без проведения химической обработки).

Эффективность обработки против западного кукурузного жука определяется на основании подсчета отловленных имаго вредителя на феромонных ловушках. Ловушки располагают в посевах кукурузы за 3–5 суток до обработки на разные рядки по диагонали на высоте 1 м с последующей заменой на новые непосредственно перед обработкой и далее в разные дни учетов (через 1–3 суток, 6–8 суток, 12–16 суток после обработки). Определяется среднесуточная численность на ловушку и рассчитывается снижение численности имаго вредителя в сравнении с исходной численностью.

*Результаты маршрутных обследований посевов кукурузы и определение локаций для проведения сравнительной оценки агродрона и штангового опрыскивателя.* В целях определения локаций для вы-

полнения сравнительных исследований эффективности технических средств для химических обработок (агродрон и штанговый опрыскиватель) были проведены маршрутные обследования полей в различных регионах Республики Беларусь, где предшественником была кукуруза.

Учеты в растительных остатках кукурузы, проведенные в Гомельской области в I декаде мая, показали, что популяция стеблевого кукурузного мотылька (05–06.05.2025 г.) находилась в стадии гусеницы. Гусеницы активны, однако следует отметить, что некоторая часть гусениц (на отдельных полях до 33,3 %) погибла (рис. 4).

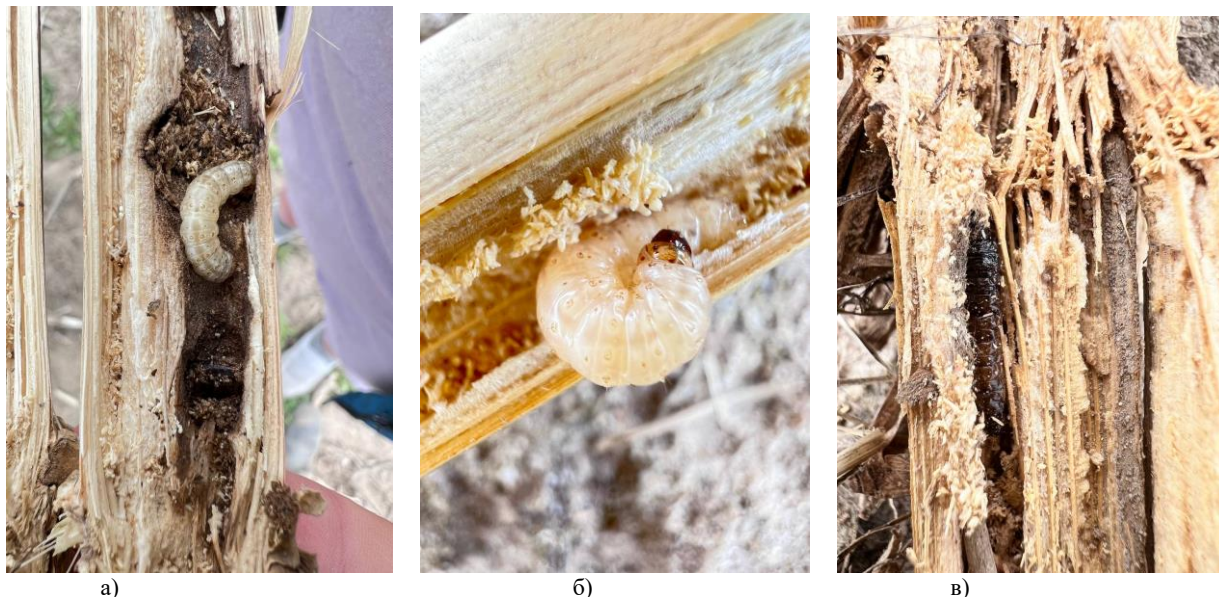


Рис. 4. Гусеницы СКМ внутри растительных остатков кукурузы:  
а–б) живые гусеницы, в) погибшая гусеница (Гомельская область, 2025 г.)

Установлена 40,0–90,0%-ная заселенность остатков перезимовавшими гусеницами стеблевого кукурузного мотылька, что может указывать на высокую плотность фитофага в вегетационном сезоне в посевах кукурузы, которая расположена рядом.

О наличии гусениц в стебле в большинстве случаев свидетельствует отверстие, проделанное гусеницей для выхода бабочек вредителя, которые располагались как в прикорневой части стебля, так и на высоте 2–3 узлов (рис. 5).



Рис. 5. Отверстия в стебле кукурузы для выхода имаго вредителя

Во II декаде мая при анализе растительных остатков в Березовском, Брестском, Ивановском, Кобринском, Малоритском районах Брестской области также отмечена высокая их заселенность гусеницами СКМ – 39,7–68,1 %. Гусеницы все активны, что свидетельствует о благоприятной их перезимовке.

В конце III декады мая в Гродненской области (Гродненский, Мостовский, Скидельский, Щучинский р-ны) отмечена 18,6–44,1 % заселенность растительных остатков кукурузы гусеницами стеблевого кукурузного мотылька.

Необходимо в дальнейшем контролировать стадии развития стеблевого кукурузного мотылька для установления срока вылета бабочек и начала яйцекладки и при пороговой ее численности (1–2 яйцекладки/100 растений (при возделывании на зерно) и 2–3 яйцекладки/100 растений (при возделывании на зеленую массу)) планировать проведение инсектицидных обработок с помощью агродрона и высококлиренсного опрыскивателя.

Для облегчения обнаружения яйцекладок на растении кукурузы установлено, что чаще всего для откладки яиц самки СКМ используют 7-й лист (22,6 %), 6-й – 20,6 % и 4-й – 16,2 % (рис. 6).

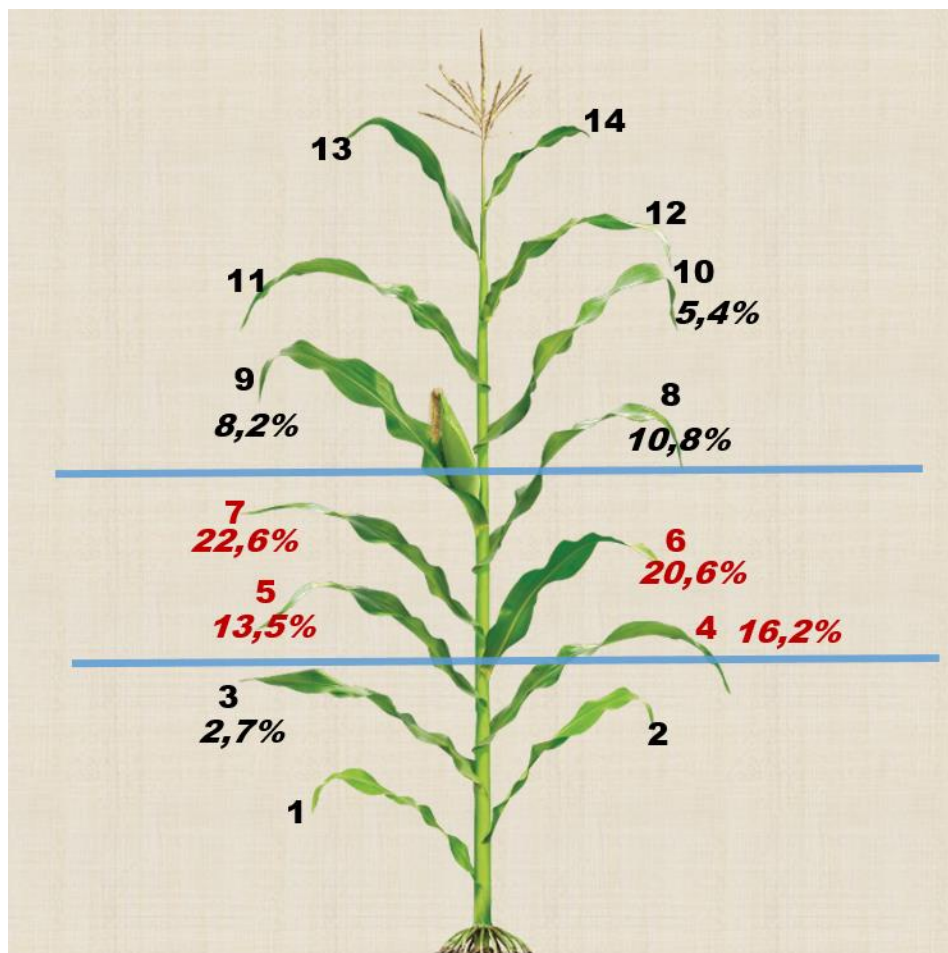


Рис. 6. Листовые пластинки кукурузы, чаще всего используемые самками СКМ для откладки яиц (по результатам многолетних исследований)

Яйцекладки размещались на высоте 19–179 см (среднее значение 89 см) при высоте кукурузы 100–239 см, начиная с 3-го (2,7 %) до 10-го листа (5,4 %).

#### Заключение

Эффективность обработки против стеблевого кукурузного мотылька определяют непосредственно перед уборкой. Стебли и початки осматривают, срезают на уровне почвы и, при наличии повреждений вредителем, вскрывают их вдоль до основания. Определяется количество гусениц и рассчитывается процент поврежденности растений в сравнении с вариантом без обработки растений токсикантами.

Для проведения инсектицидных обработок для защиты кукурузы от СКМ и ЗКЖ с помощью агродрона и наземного опрыскивателя подобраны инсектициды, обладающие высокой биологической эффективностью.

Фенологические наблюдения за культурой показали, что в южных регионах страны в начале III декады мая растения кукурузы находятся в стадии 3–4 листьев, в центральных – 1–2 листьев.

В Брестской области (в очагах с высокой численностью западного кукурузного жука (Coleoptera: Galerucinae: Chrysomelidae: *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, ЗКЖ)) в посевах кукурузы в III декаде мая проведены почвенные раскопки, по результатам которых личинок фитофага не обнаружено.

Подготовлено 50 феромонных ловушек с синтетическим половым феромоном западного кукурузного жука «Дивабат» для их расстановки в агроценозах кукурузы, расположенных рядом с очагами с высокой численностью имаго в 2024 г. Обработку растений кукурузы инсектицидами для защиты от ЗКЖ необходимо проводить при ЭПВ диабротики – 20 особей/ловушку за 7 суток. Эффективность защитных мероприятий от ЗКЖ определяется на основании подсчета отловленных имаго вредителя на феромонных ловушках. Ловушки располагают в посевах кукурузы за 3–5 суток до опрыскивания на разные рядки по диагонали на высоте 1 м с последующей заменой на новые непосредственно перед обработкой и далее в разные дни учетов (через 1–3 суток, 6–8 суток, 12–16 суток после обработки). Определяется среднесуточная численность на ловушку и рассчитывается снижение численности имаго вредителя в сравнении с исходной численностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. DJI Agras T50. – URL: <https://ag.dji.com/t50> (дата обращения: 13.05.2025).
2. XAG P100Pro. – URL: <https://www.xa.com/en/p100pro> (дата обращения: 13.05.2025).
3. Z30/Z50 Routine Maintenance Guide / URL: [https://www.youtube.com/watch?v=3Fp\\_xE6zI-4](https://www.youtube.com/watch?v=3Fp_xE6zI-4) (дата обращения: 13.05.2025).
4. TopXGun FP600 Agriculture Drone. – URL: <https://www.topxgunag.com/topxgun-fp600-agriculture-drone> (дата обращения: 13.05.2025).
5. Ленский, А. В. Конструктивные особенности агродронов / Ленский А. В., Абдулхаев Х. Г. // Интеграция образования, науки и производства: проблемы и решения: сб. материалов Междунар. науч.-практич. конф. (Наманган, 16–17 октября 2024). – Наманганский инженерно-строительный институт, 2024. – 441 с. – С. 230–234.
6. Ленский, А. В. Классификация беспилотных летательных аппаратов для сельского хозяйства / Ленский А. В. // Интеграция образования, науки и производства: проблемы и решения: сб. материалов Междунар. науч.-практич. конф. (Наманган, 16–17 октября 2024). – Наманганский инженерно-строительный институт, 2024. – 441 с. – С. 235–239.
7. Оценка эффективности применения комплекса защиты растений на базе агродрона А-60Х / Ю. Леоновец [и др.] // Наука и инновации. – 2023. – №11 (249). – С. 32–36.