

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА БАЗЕ АГРОДРОНА А60-Х

Юрий Леоновец, генеральный директор ЗАО «Авиационные технологии и комплексы» (Китайско-Белорусский индустриальный парк «Великий камень»), кандидат технических наук,
u.leonovets@aerotexsys.by

Александр Кувшинов, начальник отдела научно-технических проектов ЗАО «Авиационные технологии и комплексы» (Китайско-Белорусский индустриальный парк «Великий камень»),
a.kuvshinov@aerotexsys.by

Александр Жукowski, заместитель директора по научной работе Института защиты растений НАН Беларуси, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
zhukow_a@mail.ru

Руслан Корпанов, ведущий научный сотрудник Института защиты растений НАН Беларуси, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
korpanov@mail.ru

Ольга Лобач, старший научный сотрудник Института защиты растений НАН Беларуси,
olga14081979@mail.ru

Людмила Сорока, ведущий научный сотрудник Института защиты растений НАН Беларуси, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
soroka.mila@inbox.ru

Агропромышленный комплекс и его базовая отрасль – сельское хозяйство являются для нашей страны ведущими системообразующими сферами экономики, формирующими рынок продуктов питания и другой продукции, продовольственную и экономическую безопасность, трудовой и социальный потенциал сельской местности. Ежегодно аграрным сектором создается более 7% валового внутреннего продукта республики и 15,5% общего объема экспорта товаров. Как отмечается в Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития на период до 2030 г. [1], а также в материалах II Съезда ученых Беларуси [2], основной

акцент в сельскохозяйственном производстве на ближайшую пятилетку будет сделан на технологиях точного земледелия.

Их внедрение, по оценкам международных экспертов, обеспечит рост объемов производства сельскохозяйственной продукции при одновременном снижении издержек [3]. В целом система точного земледелия позволит более надежно прогнозировать урожайность с учетом расхода удобрений, средств защиты растений, посевного материала, топлива, затрат труда, а также оптимизировать структуры пахотных и посевных площадей, севооборота. Один из элементов этой концепции – технология применения беспилотных лета-

тельных аппаратов (БЛА), возможности которых включают:

- создание электронных карт полей (аэрофото-съемка) и инвентаризацию сельхозугодий;
- оценку объемов работ и контроль их выполнения;
- ведение оперативного мониторинга состояния посевов, определение нормализованного вегетативного индекса (NDVI);
- внесение средств защиты растений (СЗР) методом ультрамалообъемного опрыскивания (УМО) и др.

В течение 2019–2022 гг. Китайско-белорусским ЗАО «Авиационные технологии и комплексы» (ЗАО «АТК») в хозяйствах Минской, Витеб-

ской и Гродненской областей были проведены работы по апробации применения беспилотных технологий, связанных как с оцифровкой полей и получением трехмерных моделей местности, так и обработкой посевов защитными веществами методом УМО на площади около 10 тыс. га. Начиная с 2021 г. в рамках государственной научно-технической программы «Цифровые технологии и роботизированные комплексы», научно-исследовательского и опытно-конструкторского задания «Разработать и внедрить комплекс на базе беспилотного летательного аппарата для применения средств защиты растений в сельском хозяйстве» создан агродрон А60-Х (рис. 1). Он представляет собой беспилотный летательный аппарат сельскохозяйственного назначения, основные технические характеристики которого представлены в табл. 1.

К особенностям применения А60-Х для внесения СЗР можно отнести следующие: исключение механических повреждений почвы и растений, низкая стоимость гектарной обработки, минимальный контакт оператора с химическими препаратами, возможность работы по сильно увлажненным почвам и в ночное время, обеспечение равномерного нанесения препарата на всю поверхность листьев и стеблей за счет нисходящих потоков от лопастей, возможность обработки культур различной высоты.

В состав комплекта входит БЛА мультироторного типа, аккумуляторная батарея, интеллектуальная зарядная станция с функцией быстрой зарядки, пластиковый бак на 20 л, пульта



Рис. 1. Опытный образец агродрона А60-Х

управления (НСУ), система RTK (борт, НСУ, база) и эксплуатационная документация.

От ближайших конкурентов А60-Х отличается быстрой зарядкой батарей, что позволяет вести работы в непрерывном режиме при наличии всего 2 элементов питания; возможно-

стью комплектации баками объемом 20 или 30 л; складной конструкцией с быстросъемными блокираторами, благодаря чему БЛА компактен при транспортировке и быстро переводится в рабочий режим; наличием форсунок роторного типа, которые обладают более стабильным

Параметр	Значение
Габаритные размеры, мм	
в развернутом виде	2600 x 2600 x 930
в свернутом виде	1300 x 800 x 930
Вес, кг	
максимальный взлетный вес	60
вес пустого	30
Время полета, мин.	
с полным баком	15
с пустым баком	20
Скорость полета, м/с	
Рабочая	4–7
Максимальная	10
Обрабатываемая площадь, га	
за 1 полет	2–3
за 1 час	6–9
Емкость АКБ, мАч	28 000
Размер капли, мкм	50–250
Объем бака, л	20/30

Таблица 1. Технические характеристики А60-Х

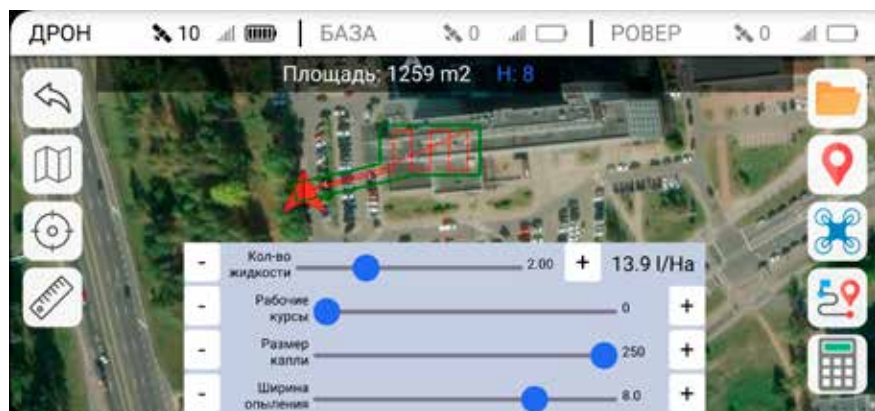


Рис. 2. Программное обеспечение агродрона А60-Х

распылением с близким к оптимальному диапазону размеров капель 50–250 мкм; наличием радиовысотомера, благодаря которому БЛА адаптируется под рельеф местности и в автоматическом режиме выдерживает установленную высоту.

Программное обеспечение собственной разработки (рис. 2) с интуитивно понятным и удобным русскоязычным интерфейсом предусматривает возможность загрузки готовых границ полей в универсальном формате KML и создания полетных заданий прямо на экране пульта управления без использования персонального компьютера; расширенный перечень миссий – изменение работы самого дрона



Рис. 3. Пульт управления агродроном А60-Х

и целевой нагрузки в зависимости от видов растений и формы полей; разделение по культурам: наличие и возможность пополнения базы данных по ним, адаптация параметров полета к результатам обработки информации, автоматическую выдачу рекомендаций. Все параметры работоспособности комплекса, вплоть до проверки каждого его элемента – БЛА, базовой станции RTK и ровера, – отображаются на встроенном экране пульта управления (рис. 3), что позволяет полностью управлять дроном и получать исчерпывающую информацию без необходимости покупки дополнительного смартфона. Наличие джойстиков дает возможность ручного управления, поскольку в программном обеспечении реализованы не только автоматический, но и полуавтоматический, а также ручной режимы полетов. Комплекс способен стабильно работать без наличия сети RTK и интернета, однако имеется возможность подключения приемника RTK к пульта управления для получения высокоточных границ поля.

Все это позволяет проводить химическую обработку средствами защиты растений с помощью А60-Х с наивысшими

показателями качества и в кратчайшие сроки. Уход за посевами с применением агродронов имеет много преимуществ: высокую скорость обработки, исключение технологической колеи и потерь от повреждения посевов механическими средствами, возможность внесения препаратов в оптимальные сроки и фазы развития растений, работы в условиях переувлажнения почвы ранней весной или поздней осенью и независимо от времени суток. Кроме того, обработка на малых высотах (2–3 м) по сравнению с авиационным внесением обеспечивает более точное попадание раствора на целевые объекты.

В результате проведенных исследований ЗАО «АТК» совместно с Институтом защиты растений НАН Беларуси зафиксированы технологические параметры распределения основных размеров капель, характерных для установленного типа распылителей и технологии УМО с помощью БЛА, по ярусам вегетативной массы подсолнечника при десикации посевов (рис. 4). Отмечается достижение шлейфа распыляемых капель и распределенных турбулентным потоком с помощью винтов БЛА до нижнего яруса листового аппарата подсолнечника.

Существенной разницы между эффективностью внесения глифосатсодержащего гербицида «Торнадо 540», применяемого технологиями малообъемного опрыскивания (МОО), такими как внесение навесным штанговым опрыскивателем «Зубр 600», и УМО (внесение БЛА), Институтом защиты растений не зафиксировано (табл. 2). Вместе с тем показатели вре-



Рис. 4. Распределение средств защиты растений по растительности

мени, затрачиваемого на обработку 1 га, и, соответственно, трудозатрат при использовании БЛА в 3 раза меньше, чем у навесного штангового опрыскивателя «Зубр 600».

Расчет экономической эффективности проведен в соответствии с ТКП 151 [4] для наиболее распространенной структуры посевов, подлежащих химической обработке (для предприятия с площадью пашни 3500 га): озимые зерновые (пшеница, тритикале) – 25% (875 га); яровые зерновые (ячмень, тритикале) – 25% (875 га); кукуруза на зеленую массу – 15% (525 га); озимый рапс – 7% (245 га) [5].

Потенциальный период работы за сезон составляет 45 дней, а годовая загрузка за это время может составить 267 часов. Однако с учетом вынужденных простоев летательного аппарата из-за метеоусловий, поломок и неисправностей загрузка принята на уровне 75% от потенциальной, или 200 часов.

Стоимостная оценка эффективности проведения химических обработок с применением беспилотных технологий выполнена на основании расчета затрат на эксплуатацию полевых опрыскивателей типа «Мекосан-2000-18», «ОП 2000» и самоходного опрыскива-

Вариант	Тип опрыскивателя	Норма расхода рабочего раствора, л/га	Исходная засоренность, шт/м ²	Снижение общей засоренности по отношению к контролю без обработки, %	
				численности	массы
Контроль без обработки, шт/м ² (г/м ²)	–	–	33,0	–	–
«Торнадо 540», ВР –1,8 л/га	Навесной штанговый опрыскиватель «Зубр 600»	100	32,0	74,0	73,2
«Торнадо 540», ВР –5,3 л/га			36,0	96,0	98,4
«Торнадо 540», ВР –1,8 л/га	БЛА (дрон-опрыскиватель)	7,0	28,7	72,0	70,4
«Торнадо 540», ВР –5,3 л/га			29,3	90,0	94,2

Таблица 2. Эффективность гербицида Торнадо 540 ВР, применяемого по стерне озимого тритикале (ОАО «Гастелловское» Минского района)

теля «Туман-1М» на предприятии с 3500 га пашни с аналогичной структурой посевных площадей и представлена в табл. 3.

Однако, если учитывать реальную возможность получения дополнительного дохода от прибавки урожая за счет исключения потерь, связанных с проходом МТА по технологической колее, то общий эффект может быть иным.

Так, согласно информации Национального статисти-

стического комитета Республики Беларусь, в 2022 г. в средняя урожайность зерновых культур составила 34,5 ц/га, рапса – 21,3 ц/га, кукурузы на силос – 246 ц/га; средние закупочные цены на продукцию – 440 руб./т (по пшенице), 1350 руб./т и 150 руб./т соответственно (по данным сельскохозяйственных предприятий). При минимальном увеличении урожайности для предприятия с площадью пашни 3500 га

	Агродрон А60-Х	«Беларус 820» + «Мекосан-2000» (18 м)	«Беларус 820» + «ОП-2000» (12 м)	«Туман-1» (20 м)
Технические характеристики				
Персонал, чел.	1	1	1	1
Производительность, га/ч	8	7,3	5,7	15
Расход топлива, л/га	0,25	0,89	1,14	0,63
Себестоимость работ, руб./га:				
заработная плата	0,95	1,04	1,33	0,50
амортизация	7,31	4,51	4,19	7,26
ТО и ремонты	1,46	2,26	2,09	3,63
Топливо	0,66	2,36	3,02	1,68
Прочие	1,04	1,02	1,06	1,31
Всего затрат	11,42	12,77	13,73	14,38

Таблица 3. Расчет затрат на проведение работ в пересчете на 1 га

Культура	Площадь, га ¹	Урожайность, ц/га ²	Прибавка урожая, ц/га ³	Дополнительный доход, тыс. руб. ⁴
Зерновые	1750	34,5	1,9	146
Кукуруза	525	246	13,6	107
Рапс	245	21,3	1,2	40
Всего				293

¹ Для модельного предприятия с площадью пашни 3500 га

² По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь

³ 5–6% к уровню 2021 г.

⁴ Исходя из закупочных цен на продукцию урожая 2022 г.

Таблица 4. Расчет экономического эффекта от прибавки урожая

на 5% дополнительный доход в расчете на среднестатистическое хозяйство может составить 293 тыс. руб. за сезон (табл. 4).

С целью расширения спектра оказываемых услуг начата реализация совместного проекта с РО «Белагросервис». Заключен договор о выполнении совместных исследовательских и опытно-технологических работ между ЗАО «АТК» и РО «Белагросервис» по практическому внедрению БЛА из состава комплекса защиты растений в интересах



Рис. 5. Мобильный комплекс защиты растений

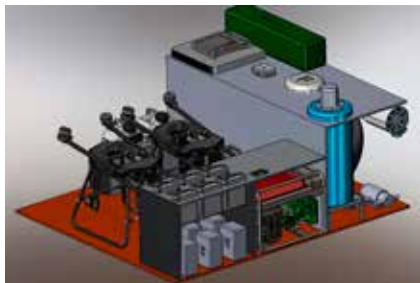


Рис. 6. Компоновка оборудования мобильного комплекса защиты растений

сельхозпредприятий Республики Беларусь. В рамках этого соглашения создан мобильный комплекс защиты растений на базе автомобильного шасси, оснащенного техническими средствами для приготовления рабочего раствора СЗР, применения и обслуживания дронов (рис. 5). Его внутренняя компоновка представлена на рис. 6.

Комплекс продемонстрирован потенциальным заказчикам во время Международной выставки «БЕЛАГРО-2022» и уже хорошо зарекомендовал себя на практике. Так, с июня по август 2022 г. с помощью данного устройства были выполнены работы по внесению средств защиты растений на полях площадью более 300 га в ОАО «Агрокомбинат Дзержинский». Было установлено, что использование нового оборудования на основе БЛА в сельском хозяйстве позволяет увеличить производительность работ в 1,5–2 раза.

Востребованность агродронов не ограничивается защитой посевов. Они могут быть успешно задействованы и в мероприятиях по обработке природных объектов – водоемов, лесных массивов и т.д.

Таким образом, применение беспилотных технологий при внесении по технологии УМО СЗР, включенных (или находящихся в процессе регистра-

ции) в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, обеспечивает:

- эффективность, сопоставимую с результатами традиционных технологий (наземным способом);
- существенное расширение временного диапазона работ (включая раннюю весну, позднюю осень, ночное время), а также точность попадания на растения за счет автопилотирования;
- экономический эффект из-за снижения издержек (затрат) и исключения потерь урожая от механического повреждения (вытаптывания);
- минимизацию рисков воздействия средств защиты растений на человека (нет необходимости в его присутствии в зоне возможного распыления химических веществ).

Новые технологии не обходят стороной и самую консервативную отрасль – сельское хозяйство. В скором времени сельское хозяйство станет крупнейшим потребителем БЛА, значительно увеличивая производительность труда на фоне снижения издержек производства. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. // https://www.economy.gov.by/ru/dejst_prognoz_dok-ru/.
2. Стратегия «Наука и технологии: 2018–2040» // https://www.gknt.gov.by/news/aktualno/strategiya_nauka_i_tekhnologii_2018_2040/.
3. Зальцман В.А. Влияние цифровых технологий на развитие АПК России / В.А. Зальцман // <http://svetich.info/publikacii/tochnoe-zemledelie/vlijanie-cifrovyyh-tehnologii-na-razvitie.html>.
4. Сельскохозяйственная техника. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей: ТКП 151–2008. – Введ. 01.02.09. – Минск, 2009.
5. Полухин А. Малая авиация в сельском хозяйстве: дорого, но выгодно / А. Полухин // Аграрное обозрение. 2011. №1. С. 20–23.