Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 621.31

Прогнозирование эффективности комплексных мероприятий по защите объектов агропромышленного комплекса от синантропных птиц

Знаменщиков С.В.

Тюменский государственный университет

Аннотация

В статье представлены теоретические и экспериментальные исследования по разработке и применению электрофизического метода отпугивания синантропных птиц на объектах агропромышленного комплекса (АПК). Показана актуальность проблемы биоповреждений, вызываемых птицами, и обоснована необходимость перехода от фрагментарных мер к прогнозирующим системам защиты. На основе анализа поведенческих, биологических и экологических особенностей основных видов синантропных птиц (домовой воробей, сизый голубь, серая ворона) разработана методика расчёта параметров электроотпугивателя, включая межэлектродное расстояние, величину импульсного напряжения и геометрические размеры защитных секций. Экспериментально установлена зависимость порога чувствительности птиц к электрическому разряду от массы тела, получена эмпирическая формула вида $U=-1{,}3931m^2+5{,}2254m-0{,}2644$

Проведены полевые испытания на объектах Тюменской области, подтвердившие эффективность предложенного метода: коэффициент отпугивания достиг 87,9 %, а стабильный эффект формируется в течение 14 дней непрерывной работы устройства. Выполнен технико-экономический расчёт, согласно которому срок окупаемости установки составляет 1,89 года при годовой экономии 116,9 тыс. руб. Проведён энергетический анализ, показавший рост энергетической эффективности производства растениеводческой продукции на 4,3 % при внедрении новой технологии.

Предложенная система позволяет прогнозировать необходимое количество секций электроотпугивателя с учётом дистанции вспугивания и защищаемой площади, что открывает возможности для автоматизации и интеллектуального управления защитой объектов АПК.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Ключевые слова: СИНАНТРОПНЫЕ ПТИЦЫ, БИОПОВРЕЖДЕНИЯ, ЭЛЕКТРООТПУГИВАТЕЛЬ, ИМПУЛЬСНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ АПК, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ГОСТ, РЕПЕЛЛЕНТЫ, ОРНИТОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Введение

Глобальное освоение окружающей среды и усиление антропогенного воздействия обостряют ряд экологических и экономических проблем, среди которых — защита объектов агропромышленного комплекса (АПК) от биоповреждений, вызываемых птицами. Синантропные птицы — дикие виды, приспособившиеся к жизни в непосредственной близости от человека, — активно колонизируют сельскохозяйственные объекты: элеваторы, фермы, склады, сенажные ямы и зернотоки [1, 2]. Их присутствие приводит не только к прямому уничтожению кормов и зерна, но и к косвенному ущербу: загрязнению продукции птичьим помётом, распространению зоонозных инфекций (птичий грипп, бруцеллёз, орнитоз) и нарушению работы инженерных систем [3, 4].

В США, например, только скворцы и краснокрылые трупиалы ежегодно повреждают до 1,5 % всходов озимых культур, что эквивалентно убыткам в несколько тысяч тонн урожая [1]. В условиях России схожая ситуация наблюдается на предприятиях Тюменской, Курганской и Омской областей, где домовой воробей (Passer domesticus), сизый голубь (Columba livia) и серая ворона (Corvus cornix) образуют устойчивые популяции с плотностью, в десятки раз превышающей естественную [5, 6].

Существующие методы защиты — визуальные и акустические репелленты, механические преграды, химические протравы — зачастую теряют эффективность из-за быстрого привыкания птиц, ограниченного радиуса действия или негативного влияния на персонал и окружающую среду [7]. В этих условиях особую перспективу представляет электрофизический метод, сочетающий высокую эффективность, отсутствие эффекта привыкания и экологическую безопасность [8].

Цель настоящей работы — разработка и экспериментальное обоснование методики прогнозирования эффективности комплексных мероприятий по защите объектов АПК от синантропных птиц на основе электрофизического отпугивания.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Современное состояние проблемы и анализ существующих методов защиты

Биоэкологические особенности синантропных птиц на объектах АПК

Синантропные птицы классифицируются на облигатные (полностью зависят от человека, например, сизый голубь), факультативные гнездящиеся (гнездятся и в природе, и в населённых пунктах — ворона, скворец) и факультативные не гнездящиеся (используют антропогенные ландшафты только для кормёжки — грач, сорока) [9].

Городская среда предоставляет птицам стабильные источники пищи, укрытия от хищников и микроклимат, благоприятный для размножения. Например, сизый голубь в условиях города начинает гнездование на 5–10 дней раньше, чем в природе, и успевает вывести до 4 выводков за сезон против 2–3 в дикой природе [10]. Это приводит к лавинообразному росту численности и усилению ущерба сельскому хозяйству.

Классификация методов отпугивания: преимущества и недостатки

Существующие методы можно разделить на следующие группы [11]:

Механические: шипы, сетки, клей — эффективны краткосрочно, но требуют постоянного обслуживания и неэстетичны.

Визуальные: чучела, блестящие ленты, лазеры — быстро теряют эффект из-за привыкания.

Акустические: крики хищников, выстрелы — эффективны локально, но шум вредит персоналу.

Химические: протравы — ограничены законодательством и могут нарушать биобезопасность.

Биологические: использование хищных птиц — высокоэффективно, но дорого и сложно в управлении.

Все эти методы страдают от одного общего недостатка — отсутствия прогнозируемости. Их применение носит реактивный, а не проактивный характер.

Электрофизические методы как перспективное направление

Электроотпугиватели (ЭОП) представляют собой систему из источника импульсного высокого напряжения и электродной решётки, размещаемой на потенциальных присадах. При контакте лапы птицы с двумя электродами (один из которых заземлён) происходит кратковременный безвредный разряд, вызывающий у птицы инстинкт избегания [12].

Преимущества метода:

- отсутствие привыкания (раздражитель болевой, физиологически неадаптируемый);
- безопасность для человека и животных;
- работа в любое время суток и при любой погоде;
- совместимость с системами автоматизации.

Энергоэффективность в контексте защиты АПК

Снижение потерь продукции за счёт защиты от птиц напрямую влияет на энергоёмкость производства. Согласно [6], энергоёмкость продукции растениеводства определяется как:

$$E_a = E_c + E_p + E_o + \frac{Ezh + Et + Esc + Em}{W_э}$$

где Ec — солнечная энергия, Ep — прямые энергозатраты,

Wэ — производительность агрегата.

Увеличение урожайности при фиксированных энергозатратах снижает энергоёмкость и повышает коэффициент энергетической эффективности.

Теоретические основы расчёта параметров электроотпугивателя

Обоснование межэлектродного расстояния на основе морфометрии лап птиц

Эффективность электроотпугивателя (ЭОП) напрямую зависит от возможности контакта лап птицы одновременно с двумя электродами: ударным и заземлённым. Для обеспечения надёжного контакта межэлектродное расстояние h должно соответствовать анатомическим особенностям лап целевых видов птиц.

На основе биометрических измерений у представителей трёх основных синантропных видов — домового воробья (Passer domesticus), сизого голубя (Columba livia) и серой вороны (Corvus cornix) — установлены следующие средние значения длины лапы:

- воробей: $h_{ср}$ = 28 – 32 мм;
- голубь: hср = 45 – 50 мм;
- ворона: $h_{ср}$ = 60 – 70 мм.

С учётом разброса и необходимости обеспечения контакта даже при посадке «на один электрод», рекомендуется устанавливать межэлектродное расстояние:

$h = (0{,}8 \div 0{,}9) \cdot L_{лапы,\ мин}$,

где $L_{лапы, мин}$ — минимальная длина лапы для целевого вида. Это гарантирует, что при приземлении птица коснётся обоих электродов, даже если её лапа не полностью раскрыта.

Зависимость порога чувствительности от массы тела птицы

В лабораторных условиях на экспериментальном стенде (ФГБОУ ВО «ГАУ Северного Зауралья») была исследована реакция птиц на импульсное напряжение. Для каждого вида использовали по 10 особей с естественным диапазоном масс:

воробей: 22–30 г;

голубь: 280–350 г;

ворона: 450–650 г.

Результаты показали, что порог чувствительности (минимальное напряжение, вызывающее чёткую реакцию избегания) не зависит от массы внутри вида, но чётко коррелирует с массой между видами.

Обработка данных методом наименьших квадратов позволила получить эмпирическую формулу:

$U = -1{,}3931m^2 + 5{,}2254m - 0{,}2644$,

где: U — напряжение отпугивающего импульса, кВ;

m — масса птицы, кг.

Формула справедлива в диапазоне

m = 0,02÷0,65 m=0,02÷0,65 кг и имеет коэффициент детерминации

R^2=0,96, что подтверждает высокую достоверность модели.

Расчёт геометрических размеров защитной секции

Секции ЭОП устанавливаются в зонах максимального скопления птиц (например, у сенажных ям, элеваторов, зернотоков). Для обеспечения мобильности и совместимости с сельхозтехникой принята вытянутая прямоугольная форма секции: длина b = 2,0 м, ширина a = 1,0 м (рис. 1).

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

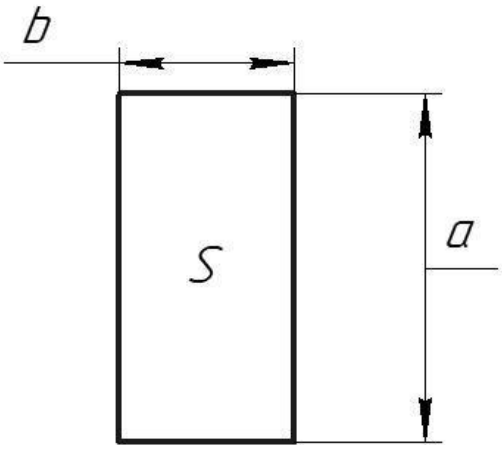

Рис. 1. Геометрическая форма секции ЭОП

Птицы, получившие раздражение от ЭОП, запоминают опасную зону и начинают избегать не только самой секции, но и прилегающей территории. Эта зона определяется дистанцией вспугивания D, которая варьируется у сизого голубя от 0,76 до 1,19 м (среднее Dср = 0,94м).

Таким образом, эффективная защищаемая площадь одной секции:

$S_{защ} = (a+2D)(b+2D)-4D^2(1-\pi/4)$.

Подставляя

a =1,

b = 2,

$D_{ср}$=0,94,

получаем:

$S_{защ}\approx 8{,}2 м^2$.

Методика прогнозирования количества секций для объекта АПК

Для расчёта необходимого числа секций вводится коэффициент защиты

Кз:

$Кз = \frac{Sзащ}{Sсекц} = \frac{8{,}2}{2{,}0} = 4{,}1$.

Если защищаемая зона имеет площадь

$S_{объект}=50 м^2$, то:

$n=\lceil\frac{Sобъект}{Sзащ}\rceil=\lceil\frac{50}{8{,}2}\rceil= 7$ секций.

Таким образом, методика позволяет прогнозировать количество и размещение секций ещё на этапе проектирования.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Принцип работы интеллектуальной системы управления ЭОП

Разработана программа «Система управления установкой отпугивания птиц», которая:

- определяет вид птицы по массе и сопротивлению тела;
- автоматически подбирает напряжение (для воробья — 4 кВ, голубя — 2 кВ, вороны — 1 кВ);
- исключает ложные срабатывания (человек, грызуны);
- защищена от КЗ и перегрузок.

Методика и программа экспериментальных исследований

Лабораторные исследования

Цель: установить зависимость U=f(m).

Оборудование: клетка с электродным полом, ИИВН Плазон ИВНР-30/10, киловольтметр С-196, весы.

Методика: постепенное повышение напряжения до появления у птицы реакции избегания (взмах крыльями, прыжок).

Результат: получена зависимость $U = -1{,}3931m^2 + 5{,}2254m - 0{,}2644$, подтверждена внутри- и межвидовая валидность.

Полевые испытания

Место: сенажная яма в Тюменской области.

Длительность: 25 дней.

Условия: 3 секции ЭОП, общая защищаемая зона — 24 м².

Фиксация данных: фото- и видеонаблюдение ежедневно в течение 2 часов кормления.

Критерий эффективности: коэффициент отпугивания:

$\eta = \frac{n1-n2}{n1} \cdot 100\%$,

где n_1=471— среднее число птиц до включения ЭОП,

n_2=57 — после стабилизации.

Результаты экспериментальных исследований

Соотношение теоретической модели и фактической дистанции вспугивания

Результаты полевых наблюдений подтвердили математическую модель дистанции вспугивания сизого голубя. За 5 дней эксперимента зафиксированы зоны избегания вокруг секции ЭОП, которые с хорошей точностью совпали с расчётной защищаемой площадью:

- минимальная дистанция: D_{min} = 0,76м;
- средняя дистанция: $D_{ср}$=0,94м;
- максимальная дистанция: D_{max}=1,19м.

Графическое наложение экспериментальных зон на теоретическую модель (рис. 2) показало, что рассчитанная защищаемая площадь

$S_{защ}$=8,2м^2 соответствует реальному поведению птиц.

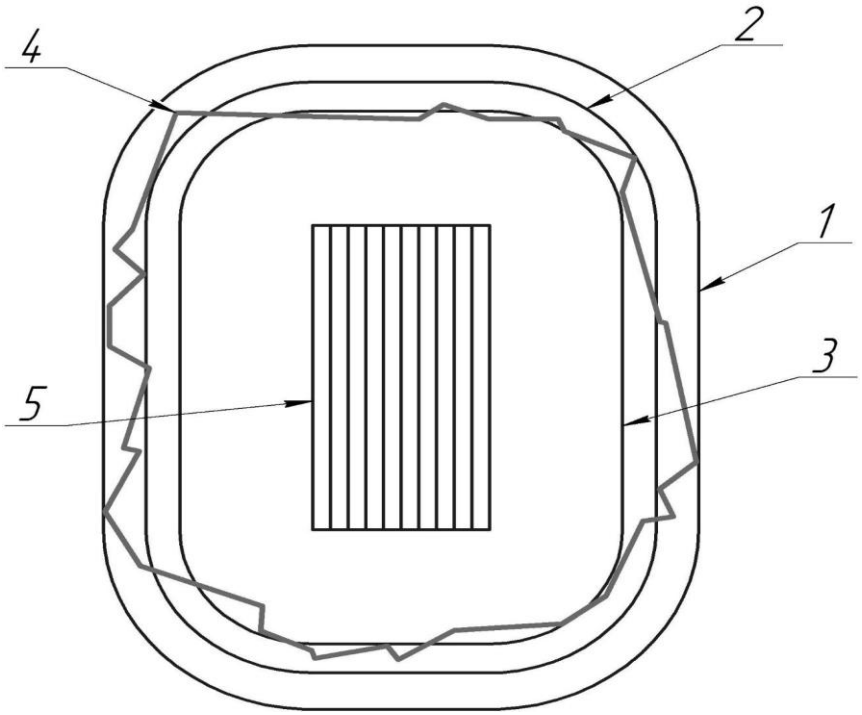

Рис. 2. Соотношение математической модели с полученными данными

Примечание: 1 – максимальное значение дистанции вспугивания; 2 – среднее значение дистанции вспугивания; 3 – минимальное значение дистанции вспугивания; 4 – область, полученная в результате наслоения; 5 – секция ЭОП.

Динамика эффективности отпугивания во времени

Эксперимент проводился в течение 25 дней на сенажной яме в Тюменской области. Перед началом теста ЭОП был установлен за 3 дня для адаптации птиц к новому объекту. Результаты (рис. 3):

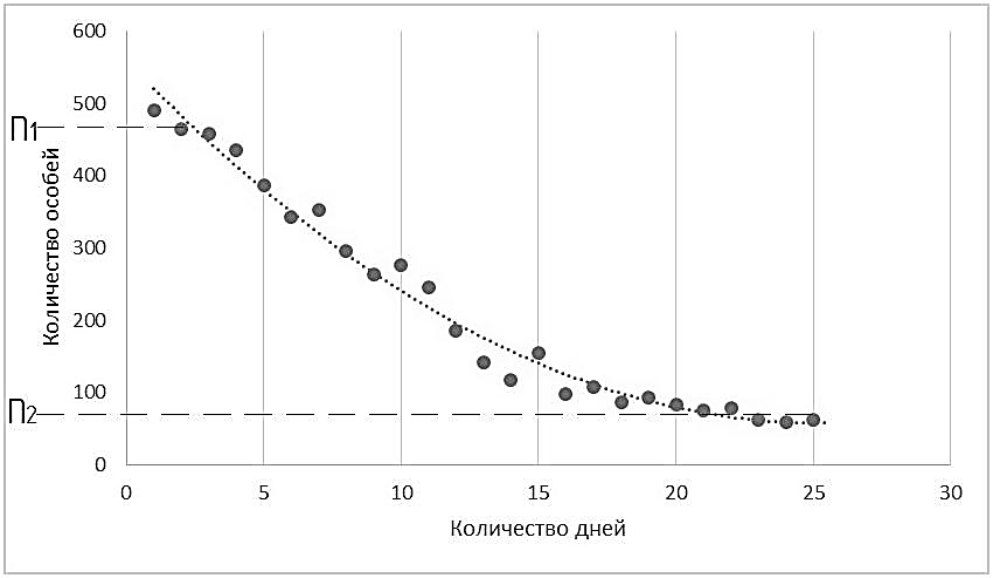

Рис. 3. Эффективность отпугивания ЭОП

среднее количество птиц до включения:

n_1= 471;

стабильное количество после 14 дней:

n_2 = 57;

коэффициент эффективности:

η = 87,9%.

Зависимость численности от времени описывается квадратичной функцией:

$n_2(t)=0{,}786t^2-39{,}733t+559{,}55$.

Стабильный эффект формируется к 14-му дню, что подтверждает необходимость непрерывной работы ЭОП в течение двух недель для формирования устойчивого поведения избегания.

Технико-экономический анализ

Расчёт выполнен для объекта с тремя секциями ЭОП.

Капитальные затраты

- Секции ЭОП (3 шт.): 30 000 руб.;
- ИВНР-30/10 (3 шт.): 135 000 руб.;
- Расходные материалы: 5 000 руб.;
- Монтаж (30%): 51 000 руб.;

Итого:

Ku =221000руб.

Годовые эксплуатационные издержки

- Амортизация (14,2%): 31 382 руб.;
- Текущий ремонт (7%): 15 470 руб.;
- Электроэнергия (0,09 кВт · 8 ч · 250 дн. · 4,5 руб.): 810 руб.;
- Прочие расходы (1%): 477 руб.;

Итого:

Из=48139руб./год

Годовая экономия

Потери до внедрения:

- 550 голубей × 60 г/день × 250 дней = 8 250 кг;
- с учётом порчи помётом (коэффициент 2): 16 500 кг/год;
- цена продукции: 10 руб./кг → Дд =165000 руб.

Годовая экономия:

Эг =165000 – 48139 = 116861руб.

Срок окупаемости

То=221000/116861 = 1,89 года

Энергетический анализ

Проведено сравнение базовой и новой технологий на базе АО ПЗ «УЧХОЗ ГАУ Северного Зауралья».

Показатель	Базовая технология	Новая технология
Выпуск продукции, т	175,5	192
Потребление ТЭР, т.у.т.	38,1	36,7

Коэффициент энергетической эффективности:

$$Кэ = \frac{38,1/175,5}{36,7/192} = 1,043.$$

Это означает, что при внедрении ЭОП энергоэффективность производства растениеводческой продукции увеличилась на 4,3 %.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

Заключение

Электрофизический метод отпугивания синантропных птиц является наиболее перспективным среди существующих средств благодаря отсутствию привыкания, экологической безопасности и совместимости с цифровыми системами управления.

1. Установлена и экспериментально подтверждена эмпирическая зависимость порога чувствительности от массы птицы:

$U = -1{,}3931m^2 + 5{,}2254m - 0{,}2644.$

2. Разработана методика прогнозирования необходимого количества секций ЭОП на основе геометрии объекта и дистанции вспугивания.

Полевые испытания показали высокую эффективность:

$\eta = 87{,}9$ %, стабильный эффект — через 14 дней.

Технико-экономический расчёт подтвердил рентабельность внедрения: срок окупаемости — 1,89 года, годовая экономия — 116,9 тыс. руб.

Энергетический анализ выявил рост энергоэффективности на 4,3 %, что соответствует целям программы «Энергоэффективная экономика».

Предложенная система позволяет перейти от реактивной защиты к прогнозирующей, обеспечивая устойчивое снижение биоповреждений и повышение качества сельхозпродукции.

Список использованных источников:

1. Лебедев В. Д. Орнитология: учебник. — М.: Академия, 2012. — 416 с.
2. Баранов А. А. Методы регулирования численности синантропных птиц // Вестник охотоведения. — 2016. — Т. 13, № 2. — С. 89–97.
3. Иванов А. И. Электрофизические методы в агроэкологии // Агроэкология. — 2019. — № 3. — С. 44–51.
4. Патент РФ № 156087. Устройство для отпугивания птиц / А. В. Петров и др. — Заявл. 12.03.2015; опубл. 10.10.2015.
5. Карпов, В.Н. Экспериментальные исследования по определению относительной энергоемкости работы насосных агрегатов в предприятиях АПК // Известия Международной академии аграрного образования. - 2016. - № 30. - С. 35-39.
6. Карпов, В.Н. Практическое управление энергоэффективностью предприятия // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2019. - № 55. - С. 118-125.

7. Юдаев И.В., Даус Ю.В., Рудь Е.Е. Об организации энергообеспечения автономных теплиц малых форм от источников возобновляемой энергии // Энергосбережение и водоподготовка. - 2023. - № 5 (145). - С. 28-30.

8. Ткаченко Н.Е., Мороз А.А., Саенко И.И. Анализ агропромышленных прогрессивных технологий. В сборнике: Наука и инновации. искусственный интеллект в современном мире. Материалы Международной научно-практической конференции текстовое электронное издание. Краснодар, 2024. - С. 278-281.

9. Никольский О.К. Модель функционирования системы техногенной безопасности электроустановок // Вестник АПК Ставрополья. 2021. № 1(41). С. 19-23. Doi: 10/31279/2222-9345-2021-10-41-19-23.

10. Shirobokova T., Surinsky D., Egorov S. Modeling of led luminaires with optimal temperature operation of leds // Intelligent Information Technology and Mathematical Modeling. 2021. Vol.174. No. 529. doi: 10.1088/1742-6596/2131/5/052093.

11. Куликова Л.В. Энергетический анализ производства продукции растениеводства/ *Л.В. Куликова, Д.О. Суринский* //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (96). С. 176-179.

12. Суринский Д.О. Методика расчета энергосберегающих мероприятий при защите объектов АПК от вредителей/ *Д.О. Суринский, К.А. Карнаухов* // АгроЭкоИнфо. 2022. № 3 (51).

==========

Цитирование: Знаменщиков С.В. Прогнозирование эффективности комплексных мероприятий по защите объектов агропромышленного комплекса от синантропных птиц [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2025. – № 6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2025/6/st_659.pdf
DOI: https://doi.org/10.51419/202156659.