



УДК 621.317
doi: 10.21685/2587-7704-2025-10-1-2



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Исследование птицевозащитного устройства ЗП-АПК

Сергей Владимирович Голобоков

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
Golobokov_sv@mail.ru

Дмитрий Алексеевич Кручинин

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
dm.kruchinin@gmail.com

Татьяна Юрьевна Бростилова

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
tat-krupkina@yandex.ru

Алексей Витальевич Спирин

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
kortessnorm@mail.ru

Аннотация. Посвящена проблемам защиты линий электрических передач от воздействия птиц. Выполнено исследование птицевозащитного устройства ЗП-АПК. Произведена оценка влияния различных факторов на работоспособность ЗП-АПК на этапах передачи и распределения электрической энергии. Выданы рекомендации по снижению воздействия линий электрических передач на птиц и животных.

Ключевые слова: линии электропередач, птицевозащитные устройства, влияние птиц на линии электрических передач, электрическое поле, противоаварийная автоматика

Для цитирования: Голобоков С. В., Кручинин Д. А., Бростилова Т. Ю., Спирин А. В. Исследование птицевозащитного устройства ЗП-АПК // Инжиниринг и технологии. 2025. Т. 10 (1). С. 1–7. doi: 10.21685/2587-7704-2025-10-1-2

Study of the bird protection device ZP-APK

Sergey V. Golobokov

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
Golobokov_sv@mail.ru

Dmitry A. Kruchinin

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
dm.kruchinin@gmail.com

Tatiana Yu. Brostilova

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
tat-krupkina@yandex.ru

Alexey V. Spirin

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
kortessnorm@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the problems of protecting power lines from the impact of birds. A study of the bird protection device ZP-APK was carried out. The influence of various factors on the performance of the ZP-APK at the stages of transmission and distribution of electric energy is assessed. Recommendations have been issued to reduce the impact of power lines on birds and animals.

Keywords: power lines, bird protection devices, influence of birds on power lines, electric field, emergency automation

For citation: Golobokov S.V., Kruchinin D.A., Brostilova T.Yu., Spirin A.V. Study of the bird protection device ZP-APK. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2025;10(1):1–7. (In Russ.). doi: 10.21685/2587-7704-2025-10-1-2



Для транзита электрической энергии применяются воздушные линии электрических передач (ЛЭП). Воздушные линии выполнены голым алюминиевым проводом, закрепленным на траверсах с применением штыревых и подвесных изоляторов. Конструкция ЛЭП с высоким напряжением не обеспечивает изоляции проводов. При посадке птиц на провода и траверсы возможно прикосновение к точкам высокого потенциала проводов и траверсы. Возникает ток короткого замыкания, птица погибает. Птицезащитное устройство (ПЗУ) выполняет защиту птиц при посадке их на провода.

При выборе защитных устройств, имеющих разные целевые и функциональные характеристики, возможно появление ошибок. Защита птиц на ЛЭП от поражения электрическим током выполняется различными способами. Вместо ПЗУ на ВЛ часто устанавливают линейные защитные устройства (ЛЗУ). Линейные защитные устройства защищают ЛЭП от КЗ при касании птицами проводов и траверс. Одновременно ЛЗУ снижает вероятность гибели птиц ПЗУ и дает повышение надежности ЛЭП, которое достигается за счет снижения частоты аварийных режимов и возникновения КЗ в ЛЭП [2].

Все птицезащитные устройства выполняют одну из трех функций:

- обеспечивают изоляцию оголенных проводов (экраны и изоляторы);
- затрудняют посадку птицы (антиприсадочные устройства);
- отпугивают птиц (маркеры).

Принцип работы ПЗУ заключается в монтаже дополнительной электрической изоляции между проводом и траверсой. Птицы на ЛЭП гибнут в результате удара электрическим током при касании крыльями или лапами точек с разным потенциалом. Опоры и траверсы ЛЭП имеют стальную заземленную полосу. К траверсе прикреплены изоляторы, на которых крепятся не изолированные провода. На поверхности провода постоянно присутствует высокий потенциал, на земле и опоре – нулевой. Птица может сесть на траверсу и коснуться оголенных проводов или сесть на провод и коснуться траверсы. Особенно часто страдают от этого крупные птицы – аисты, цапли, орлы.

Птицезащитное устройство предотвращает посадку птиц или закрывает часть оголенного провода в месте посадки. Птица не достает провода и не получит удар током. Это значительно уменьшает количество погибших на ЛЭП птиц. С другой стороны, при ударе птиц током возникает КЗ, электрическая дуга и напряжение в проводе падает. Срабатывает автоматика и отключает ЛЭП, поэтому гибель птиц сопровождается аварийными отключениями ЛЭП.

Для защиты от птиц производители выпускают следующие виды устройств:

- птицезащитные протекторы;
- изолирующие кожухи;
- птицезащитные экраны;
- антиприсадочные устройства веерного и зубчатого типа;
- сигнальные маркеры.

Птицезащитные протекторы – специальные изделия для изоляции голых проводов. Протекторы имеют яркий цвет для того, чтобы отпугивать птиц. Они идеально подойдут для проводов со спиральной вязкой. Установить такое изделие очень легко, не нужно использовать специальных инструментов. Протекторы устойчивы к внешним факторам и не теряют своих свойств со временем.

Птицезащитные изоляторы – специальные кожухи, изготовленные из кремний-органической резины. Для монтажа кожухов не требуется специальных крепежных элементов и инструментов. Защита имеет специальные каналы, благодаря которым внутри не скапливается влага. Элементы имеют пластиковые заклепки, которые обеспечивают надежный монтаж изолятора. Есть изделия, предназначенные для штыревых изоляторов.

Антиприсадочные устройства – ПЗУ, которое предотвращает посадку птиц на опасные участки. Изделие может быть двух типов: зубчатого и веерного. Птица просто не сможет сесть на такую конструкцию, поэтому избежит удара током. Антиприсадочные устройства производят из материалов-диэлектриков, устойчивых к коррозии, ультрафиолету, перепадам температур. Острые концы веерных ПЗУ закрывают, чтобы предотвратить травмирование пернатых.

Сигнальные маркеры предотвращают гибель птиц на ЛЭП путем их отпугивания. Это элементы с яркой окраской, которые развешивают на линиях электропередач рядом с траверсами. Птицы не рискнут сесть там, где располагается непонятный яркий элемент. Изделия производят из материалов, устойчивых к коррозии и другим внешним факторам. Они сохраняют яркость окраски на протяжении всего срока службы. Птицы стараются избегать посадки в таких местах, что спасет им жизнь. Производители предлагают маркеры с различными вариантами крепления и яркой расцветкой.

Устройство защиты птиц ЗП-АПК предназначено для монтажа на траверсах ЛЭП в точках крепления изоляторов и выполняет двойную функцию:

- защита птиц от поражения электрическим током при посадке на оголенные провода ЛЭП 6–750 кВ и траверсы;
- защита изоляторов от загрязнения продуктами жизнедеятельности птиц и пробоя изоляции при перекрытии изоляторов по струе помета.

Внешний вид ЗП-АПК представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид корпуса ЗП-АПК

Конструкция устройства представляет собой колпак из пластмассы, выпускается в трех цветах. Колпак состоит из двух симметричных половинок, скрепленных защелками и зафиксированных саморезами. Колпак монтируется на вертикальной стойке диаметром 24 мм. Корпус крепится к стойке гайкой М16 и с помощью универсальной трубки к горизонтальной или вертикальной полке траверсы [3].

Устройство устанавливается на траверсе ВЛ рядом с местом крепления полимерного изолятора или гирлянды стеклянных изоляторов и препятствует посадке птицы на траверсу в зоне его защиты. Устройство может комплектоваться изображением хищной птицы для создания отпугивающего эффекта. Конструкция соответствует требованиям [2], одобрена и рекомендована Союзом охраны птиц России.

ЗП-АПК обладает следующими преимуществами:

1. Безопасность для птиц.
2. Стойкость к механическим воздействиям. Конструкция выдерживает ветровые и гололедные нагрузки в соответствии с требованиями ПУЭ.
3. Устойчивость к атмосферным воздействиям. ЗП-АПК изготовлено из атмосферостойкого пластика, который обеспечивает: стойкость к ультрафиолетовому излучению и атмосферным осадкам, отсутствие деформаций и работоспособность в температурном диапазоне от -60°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Узел крепления выполнен в виде стойки из стали с покрытием цинком. Производитель дает гарантию 40 лет.
4. Универсальность крепления на траверсах. Устройство крепится трубиной к горизонтальной или вертикальной полке траверсы для всех применяемых сечений уголка.
5. Негорючий корпус, класс воспламеняемости FV(ПВ)-0 по ГОСТ 28779.

Анализ конструкции показывает, что при проектировании ЗП-АПК использованы все элементы ПЗУ. Выпуклая часть вершины колпака и вертикальная стойка, которая приподнята над колпаком на 120–150 мм, выполняют роль антиприсадочного устройства.

Птицы больших размеров сидеть на них не могут, а птицы малых размеров не дотягиваются крыльями до оголенных проводов. Колпак в форме зонтика крепится над изолятором и защищает его от попадания биологических масс и влаги. Тем самым существенно снижаются токи утечки по поверхности изоляторов. Выпуклая форма колпака не позволяет птицам, которые сели на провод, коснуться крылом траверсы или стойки. Ярко оранжевый цвет и наклейка (рис. 1) отпугивают птиц.

Кроме того, ПЗУ должно обладать свойством конструкционной совместимости с защищаемыми участками ЛЭП, например, определенными узлами крепления проводов к изоляторам. Использование в России и за рубежом различных по конфигурации и габаритам элементов оснастки опор ЛЭП (изоляторов, зажимов и т.д.) затрудняет создание универсальной конструкции ПЗУ, совместимой со всеми узлами крепления проводов. По этой причине изготовители ПЗУ предлагают потребителям модельные ряды конструкций своих ПЗУ со спецификаций изделий [4].

Надежность крепления ПЗУ играет важнейшую роль в его дальнейшей работоспособности. В процессе эксплуатации на корпус ПЗУ действуют ветровые, гололедные и снеговые нагрузки [2]. Колпак ЗП-АПК подвергается солнечной радиации, воздействию высоких и низких температур, биологическому воздействию птиц и насекомых. При боковом ветре на колпак действует подъемная сила и сила лобового сопротивления. Собственный вес в зимнее время дополняется весом налипшего льда. При порывистом ветре возникают колебания, которые могут ослабить затяжку болтов. К профилю колпака предъявляют комплекс требований по прочности и устойчивости.

Для проверки геометрической формы профиля требованиям конструкторской документации необходимо выполнить измерения координат точек на боковой поверхности колпака и получить математические формулы поверхности. С этой целью была построена трехкоординатная оптическая скамья и применен лазерный указатель уровня. Внешний вид установки представлен на рис. 2.



Рис. 2. Измерение профиля лазерным указателем уровня Zitrek

На трех взаимно-перпендикулярных плоскостях нанесена сетка прямых линий с шагом 50 мм, параллельно осям координат. Вертикальные и горизонтальные линии сетки использовались для проектирования точек на боковой поверхности корпуса на координатные оси. Линейные размеры измерялись металлической линейкой с диапазоном 1000 мм и ценой деления 1 мм. Для задания координатной сетки и выдерживания вертикальных и горизонтальных линий применялся лазерный нивелир (указатель уровня) марки Zitrek. Внешний вид прибора представлен на рис. 2. Указатель дает узкую световую полосу толщиной не более 1 мм в вертикальной и горизонтальной плоскости. Результаты измерения профиля в разных сечениях представлены на рис. 3.

Результаты измерений представляют собой массив точек на криволинейной поверхности, каждой точке на плоскости с координатами X и Y поставлена координата Z . Массивы были обработаны на ЭВМ методом наименьших квадратов. Результаты аппроксимации профиля колпака представлены на рис. 4. Колпак имеет форму колокола с вогнутой боковой поверхностью, выпуклой вершиной и поясом в нижней части. На боковой поверхности имеются три точки перегиба, в которых знак кривизны меняется с плюса на минус. Следовательно, такая поверхность будет описываться полиномом четвертой степени [6].

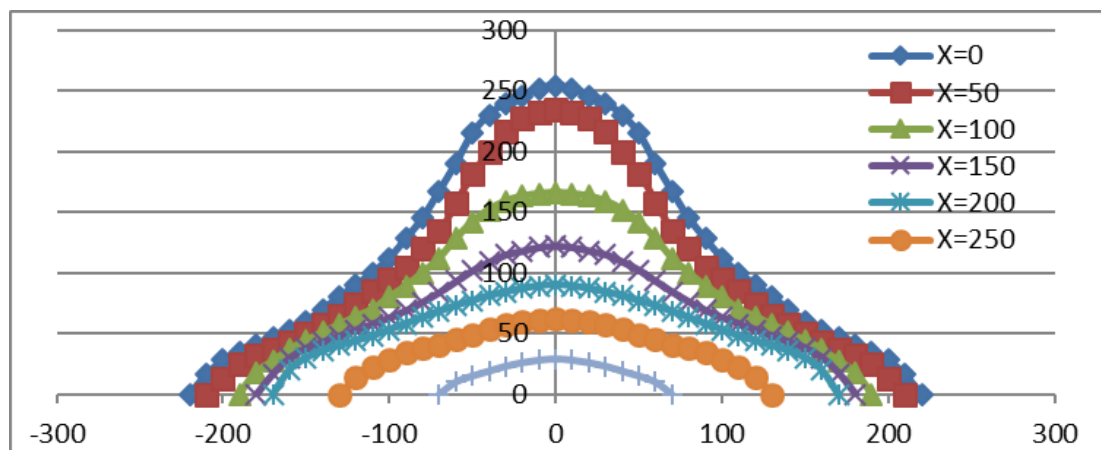


Рис. 3. Профили корпуса в разных сечениях

Расчетная формула для выбранного продольного сечения имеет следующий вид:

$$Z = AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E,$$

где A, B, C, D, E – коэффициенты полинома четвертой степени.

Значения этих коэффициентов получены для каждого сечения в плоскости $Y = 0, 50, 100, 150, 200$. Далее методом наименьших квадратов была выполнена аппроксимация коэффициентов формулы для расчета коэффициентов в любых сечениях Y . В конечном виде формула аппроксимации позволяет вычислить коэффициенты и затем – координату Z .

Значения коэффициентов рассчитываются по следующим формулам:

$$A = 1,22E-10 Y^2 - 3,2E-09 Y - 5,2E-08;$$

$$B = 7,99E-10 Y^3 - 7,9E-08 Y^2 + 2,05E-06 Y + 3,19E-05;$$

$$C = 3,45E-10 Y^4 - 1,6E-07 Y^3 + 1,57E-05 Y^2 - 42E-05 Y - 0,00533;$$

$$D = -2,2E-08 Y^4 + 8,87E-06 Y^3 - 81E-05 Y^2 + 0,024257 Y - 0,58348;$$

$$E = -7,3E-07 Y^4 + 33,9E-05 Y^3 - 0,04877 Y^2 + 0,914235 Y + 246,73.$$

На рис. 4 представлены кривые профиля, полученные в результате измерений, расчета и аппроксимации. Расчетные и экспериментальные значения совпадают с высокой точностью, менее 1 %, а погрешность аппроксимации не превышает 5 %. Полученная математическая формула может быть заложена в инструментальный комплекс для проверки профиля на этапе производства. По коэффициентам полинома станок с ЧПУ сможет сделать шаблоны для выбранных сечений, по которым выполняется приемка готовой продукции. Совпадение профиля серийных корпусов с расчетным гарантирует скатывание снежных масс с боковой поверхности колпака [2]. Выполняется требование по соотношению подъемной силы и силы сопротивления ветра при разной скорости обдува. Эти силы задают способ крепления колпака к траверсе.

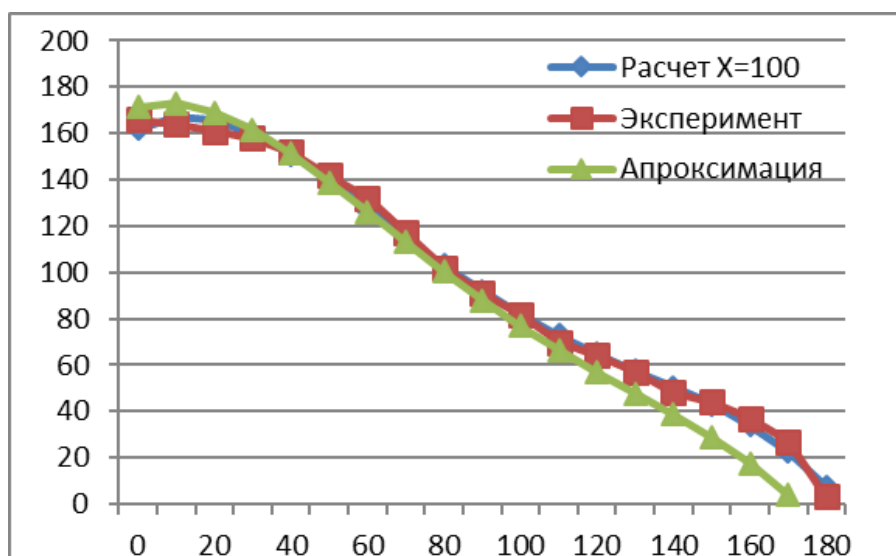


Рис. 4. Продольный профиль колпака



Цели устойчивого развития ООН – набор из 17 экологических, социально-экономических целей стабильного развития и сохранения социальных, культурных, биологических и физических систем. Важное внимание в настоящее время уделяется сохранению биоразнообразия экологических систем. Птицезащитное устройство – это диэлектрическое изделие, предназначенное для предотвращения поражения птиц электрическим током на воздушных линиях электропередачи до 500 кВ со штыревой изоляцией. Внедрение ПЗУ на ЛЭП обеспечивает выполнение цели 15. «Сохранение экосистем суши».

Некоторые типы защитного устройства, изначально разработанные для защиты ЛЭП или иных объектов от негативного воздействия птиц, в процессе эксплуатации не позволяют птицам садиться на объекты и создавать аварийные ситуации. При этом ПЗУ не только защищает объекты но и сохраняет самих птиц. Такое устройство для защиты ЛЭП от птиц называется «ЛЭП-защитным устройством» и также выполняет экологические функции.

Птицезащитные устройства должны соответствовать габаритам птиц, обитающих в данной местности, как правило, от мелких воробьиных до крупных – орлов и аистов. Согласно современной Европейской практике, минимально допустимая длина птицезащитного кожуха составляет 1300 мм (NABU, Германия) [5]. Для ПЗУ рекомендуется длина не менее 1400 мм (ПЗУ производства Тусо Reichem). Устройство защиты птиц ЗП-АПК имеет габаритную длину 640 мм вдоль провода и требованиям европейского законодательства не отвечает.

Птицы с большим размахом крыльев могут дотянуться до траверсы и попасть под удар электрического тока [5]. Для них ЗП-АПК является не ПЗУ, а ЛЭП-защитным устройством. Для птиц малых (воробьиные) и средних размеров, например отряда вороньих, опасности поражения током нет. Для них ЗП-АПК выполняет обе функции. Поскольку на территории РФ птицы больших размеров распространения не получили [5], и перелетные птицы больших размеров, например фламинго, во время сезонных миграций к нам также не залетают, вероятность их появления на ЛЭП минимальна.

Выводы. На практике для защиты ЛЭП от птиц сетевые компании широко применяют различные ЛЭП-защитные приспособления. Но оборудование ЛЭП такими устройствами для защиты птиц от гибели недопустимо. ЛЭП-защитные устройства – агрессивные, заградительные, колющие – пугают птиц и приводят к обратному эффекту – повышают уровень орнитологической опасности ЛЭП. Оцифровка профиля ЗП-АПК позволяет прогнозировать сферу применения и наладить серийное производство.

Список литературы

1. Об утверждении требований по предотвращению гибели объектов животного мира при осуществлении производственных процессов, а также при эксплуатации транспортных магистралей, трубопроводов, линий связи и электропередачи : постановление Правительства Российской Федерации № 997 от 13.08.1996.
2. Стандарт организации ПАО «РОССТЕИ» СТО 34.01-2.2-010-2015 Птицезащитные устройства для воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройств. URL: <https://rosseti.ru/upload/iblock/135/t3qnd16kgikk5pw0qtm50enc49teshu.pdf> (дата обращения: 20.05.2024).
3. Птицезащитное устройство ЗП-АПК. URL: <https://mzva.ru/katalog/item/ustrojstva-zashchity-ptic-zp-apk> (дата обращения: 03.07.2024).
4. Птицезащитные устройства. АПК. URL: <https://www.lep-snab.ru/info/articles/ptitsezaschitnye-ustroystva/> (дата обращения: 08.09.2024).
5. О ратификации Конвенции о биологическом разнообразии : федер. закон № 16–ФЗ от 17.02.1995. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15582/ (дата обращения: 23.04.2024).
6. Роман Гордон. Аппроксимация эмпирически полученной поверхности методом наименьших квадратов. URL: <http://www.delphikingdom.com/asp/viewitem.asp?catalogid=1368> (дата обращения: 23.04.2024).

References

1. *Ob utverzhdenii trebovanij po predotvrashcheniju gibeli obektov zhivotnogo mira pri osuschestvlenii proizvodstvennyh protsessov, a takzhe pri ekspluatatsii transportnyh magistralej, truboprovodov, linij svyazi i elektropredachy: postanovlenie Pravitelstva Rossijskoj Federatsii № 997 ot 13.08.1996 = On approval of requirements for the prevention of the death of wildlife during production processes, as well as during the Operation of Highways, Pipelines, Communication lines and Power transmission: Decree of the Government of the Russian Federation No. 997 dated 08/13/1996.* (In Russ.)
2. *Standart organizatsii PAO «ROSSETI» STO 34.01-2.2-010-2015 Ptitsezaschitnye ustrojstva dlja vozdushnyh linij elektropredachy i otkrytyh raspredelitelnyh ustrojstv = The standard of organization of PJSC ROSSETI Service Station 34.01-2.2-010-2015 Bird protection devices for outdoor power transmission lines and outdoor switchgear.* (In Russ.). Available at: <https://rosseti.ru/upload/iblock/135/t3qnd16kgikk5pw0qtm50enc49teshu.pdf> (accessed 20.05.2024).



3. *Ptitsezaschitnoe ustrojstvo ZP-APK* = Bird protection device ZP-APK. (In Russ.). Available at: <https://mzva.ru/katalog/item/ustrojstva-zashchity-ptic-zp-apk> (accessed 03.07.2024).
4. *Ptitsezaschitnye ustrojstva. APK* = Bird protection devices. APK. (In Russ.). Available at: <https://www.lepsnab.ru/info/articles/ptitsezaschitnye-ustrojstva/> (accessed 08.09.2024).
5. *O ratifikatsii Konventsii o biologicheskom raznoobrazii: feder. zakon № 16-FZ ot 17.02.1995* = On the ratification of the Convention on Biological Diversity : feder. Law No. 16-FZ dated 17.02.1995. (In Russ.). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15582/ (accessed 23.04.2024).
6. Roman Gordon. *Approksimatsija empiricheski poluchennoj poverhnosti metodom naimenshih kvadratov* = Approximation of an empirically obtained surface by the least squares method. (In Russ.). Available at: <http://www.delphik-ingdom.com/asp/viewitem.asp?catalogid=1368> (accessed 23.04.2024).

Поступила в редакцию / Received 20.03.2025

Принята к публикации / Accepted 14.04.2025