

## НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ

УДК 621.316.99

И. А. ПАВЛОВИЧ<sup>1</sup>, М. Х. МУРОДОВ<sup>2</sup>, С. М. БАРАЙШУК<sup>1</sup>, М. Я. НАБИЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет

<sup>2</sup>Наманганский инженерно-строительный институт

### СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИКОСНОВЕНИЯ И ШАГА НА РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ. ОБЗОР

(Поступила в редакцию 26.04.2024)

*Рассмотрены причины возникновения электротравматизма у животных, вызванные наличием потенциалов на оборудовании и напряжения шага. Особое внимание было уделено величинам напряжения прикосновения и последствиям, которые возникают у сельскохозяйственных животных в результате прохождения электрического тока по различным путям, таким как «нос – ноги» и «передние ноги – задние ноги». Показано, что эти напряжения могут достигать потенциально опасных значений, что приводит к необходимости реализовывать технические решения для минимизации негативных воздействий электрических напряжений на животных и обеспечить их комфорт и здоровье. Рассмотрены методы и технические средства для защиты сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током и снижения электротравматизма на производстве в агропромышленном комплексе, возможность применения системы уравнивания электрических потенциалов с использованием грунтозамещающих смесей для оптимизации заземления, показаны преимущества такого решения. Отмечены перспективные направления исследований в области обеспечения электробезопасности и защиты от возникновения электропатологий на объектах агропромышленного комплекса. Отмечена необходимость совершенствования существующих и разработка новых средств обеспечения электробезопасности. Также даны рекомендации по возможному снижению вероятности возникновения электропатологий у животных.*

**Введение.** Разработка и обоснование технологических и зоотехнических требований к электроустановкам для обеспечения эффективной работы технических средств для защиты людей и сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током и обеспечивающих снижение электротравматизма на производстве в АПК является актуальной научной и практической задачей [1]. Заключение о нивелировании риска возникновения потерь от возможного воздействия электрического тока основывается на периодическом исследовании технического состояния электрооборудования в сельском хозяйстве [2].

Понимание электротравматизма животных включает не только характеристики тока, вызывающего травму, но и его воздействие на организм. «Ток раздражает центральную нервную систему, возбуждая организм в целом, а не только в точках контакта. Это вызывает ответную реакцию организма» [3–5]. При превышении пороговых значений наступает быстрое и глубокое торможение функций организма. Происходит нарушение или остановка работы жизненно важных органов (сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем), что может привести к гибели [6]. Авторы [7–9] подтверждают, что процессы, происходящие при протекании тока через организм, зависят от:

*пути протекания тока* – различные пути протекания тока могут привести к разным физиологическим эффектам;

*величины и вида тока* – сила тока и его тип (постоянный, переменный) влияют на тяжесть поражения;

*напряжения* – высокое напряжение может вызвать более серьезные поражения;

*физиологических параметров организма* – состояние здоровья, возраст и индивидуальные особенности организма влияют на восприимчивость к электрическому току;

*предварительной раздраженности малыми токами* – предварительное воздействие небольших токов может повысить чувствительность организма к последующим поражениям электрическим током.

Данной проблематикой занимались В. Г. Андруш, П. П. Киселев, С. П. Власов, Н. И. Прудников, К. Ф. Исхаков, Е. В. Халин, С. И. Коструба, Н. Н. Липантьева и мн. др.

Цель работы – рассмотрение основных электрофизических факторов, влияющих на продуктивность сельскохозяйственных животных, а также способы нивелирования опасности поражения электрическим током на животноводческих фермах.

П. П. Киселев и С. П. Власов в своей работе [10] провели серию опытов на животных массой от 6 до 75 кг. В результате опытов установлена аналитическая зависимость среднего (расчетного) значения фибрилляционного тока в мА от веса животного

$$I_p = (30 + 3,7G),$$

где  $G$  – вес животного, кг.

Экспериментально установлено, что величина фибрилляционного тока и время его воздействия находятся в прямой зависимости [6]. Используя вероятностно-статистический метод, на заводе «Дальдизель» вывели следующее математическое выражение, описывающее эту зависимость:

$$I2t = k = \text{const},$$

где  $I$  – минимальное значение фибрилляционного тока, мА;  $t$  – время воздействия, с;  $k$  – коэффициент, зависящий от веса животного и от принятой вероятности возникновения фибрилляции сердца.

Согласно [11], условия содержания коров в значительной степени влияют на их продуктивность и здоровье. В этой работе говорится, что содержание скота в холодных, сырых, плохо вентилируемых зданиях со сквозняками приводит к снижению продуктивности, увеличению расхода кормов на единицу продукции, росту заболеваемости, снижению естественной резистентности и иммунологической реактивности организма. Однако статья не упоминает о воздействии электрического тока на продуктивность дойных коров.

Исследования, которые провели А. П. Казимир и Н. И. Прудников, позволили установить влияние электрического напряжения на животных. В своей работе они сделали вывод о том, что электрический ток может вызывать у животных болезненные ощущения, а также приводить к снижению продуктивности молочных коров [12].

Ю. Ф. Мастаков показал вредное влияние электрического тока на сельскохозяйственных животных даже при низких напряжениях, не представляющих угрозы для жизни [13]. Систематическое воздействие электрического тока на дойных коров приводит к задержке молокоотдачи, что снижает продуктивность до 30 % и более. Кроме того, у откармливаемых животных наблюдается уменьшение привесов [2].

Для обеспечения безопасности животных и уменьшения воздействия на них электростатических полей и токов утечки, снижающих их производительность, необходимо совершенствование и разработка нового электрооборудования, систем энергообеспечения и электрификации сельского хозяйства, обеспечивающих уменьшение вредного воздействия электричества во всех его проявлениях на животных [14–16].

Авторы [17–19] указывают, что электробезопасность крупного рогатого скота зависит от следующих факторов:

1. Состояние окружающей среды: несоблюдение технологии, при котором происходит изменение микроклимата в помещениях, увеличение влажности, снижение температуры в помещении для крупного рогатого скота ниже нормы, может повлиять на их сопротивление тела и, следовательно, на их реакцию на электрические стимулы.

2. Состояние здоровья животных: слабость организма, вызванная ограничением в природной подвижности из-за круглогодичного стойлового содержания, может влиять на их реакцию на электрические стимулы.

3. Оксидативный стресс, вызванный постоянным электростимулирующим воздействием, вследствие плохо работающих систем уравнивания электрических потенциалов, а также при воздействии статического электричества, влияет на иммунную систему животных, что, в свою очередь, вызывает изменение ответа на электрические стимулы.

4. Непосредственно факторы электробезопасности: организация электробезопасности на предприятии, в том числе качества выполнения систем заземления, защитного отключения, выравнивания и уравнивания электрических потенциалов.

Напряжение на металлических конструкциях на фермах крупного рогатого скота (КРС) может достигать значений от 2,5 до 16 В в течение суток [14; 20; 21]. Хотя это напряжение не смертельно, оно может отрицательно сказаться на животных. Исследования показали, что напряжение может снизить удоимость коров на 20–30 % [22] и привести к задержкам в молокоотдаче [23; 24]. Кроме того, постоянное воздействие напряжения в 1 В на автопоилках может угнетать животных, затрудняя их поение [12].

Проведенные исследования акцентируют внимание на актуальности обеспечения электробезопасности животных в плане защиты от поражения электротоком, и подчеркивают необходимость устранения причин электропатологий сельскохозяйственных животных [19; 20]. Под электропатологиями подразумевается снижение продуктивности (замедление роста, уменьшение надоев и качества молока, замедление набора веса у откормочного скота) в результате воздействия раздражающих малых шаговых и наведенных напряжений [21; 25].

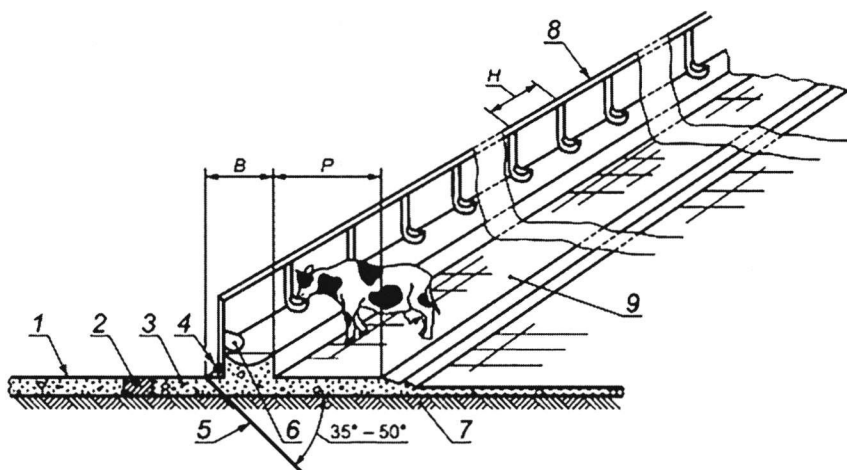
Безопасность электроустановок на фермах обусловлена величиной неравномерного распределения электрического потенциала по полу вокруг заземленного оборудования, а также разностью потенциалов между металлическими элементами заземленного электрооборудования и поверхностью пола. Данные показатели определяют шаговое напряжение прикосновения, которое является критичным для обеспечения безопасности при нормальной эксплуатации и аварийных режимах [20].

На современных фермах возникают воздействующие на животных постоянные или периодические малые электрические напряжения на трубопроводах и металлоконструкциях. Экспериментальные исследования [26] показали, что эти напряжения могут достигать опасных значений.

Многочисленные расчеты таких напряжений [8] позволили разработать нормированные значения напряжений прикосновения и шага для КРС. Основой для разработки нормирующих значений послужили степени воздействия электрического тока на организм животного: безопасная и безвредная (при неограниченном времени воздействия); вредно действующая; поражающая (вызывающая гибель скота) [20; 27].

Статистический анализ данных о гибели животных показал целесообразность выравнивания распределения потенциалов внутри ферм для содержания КРС [1; 28; 29].

Для этого в полы животноводческих помещений вдоль фронта размещения животных необходимо закладывать стальной провод (катанку) диаметром 6–8 мм. Катанка должна быть соединена сваркой с металлическими корпусами и трубопроводами фермы [20; 30] (рисунок).



Штыревое устройство для выравнивания электрических потенциалов:

- 1 – зона нулевого потенциала; 2 – участок с высоким удельным электрическим сопротивлением; 3 – бетонный пол; 4 – место сварки; 5 – металлический стержень (штырь); 6 – кормушка; 7 – грунт; 8 – металлоконструкции; 9 – настил;  $B$  – смещение верхних концов стержней относительно внешней стороны стойла;  $P$  – длина стойла и  $H$  – ширина стойла

Правильное использование заземляющей сетки под покрытием 9 помогает существенно снизить шаговое напряжение, даже в аварийных ситуациях. Однако подобно всем металлическим конструкциям, заземляющая сетка, имеющая прямое соединение с землей, подвержена серьезному воздействию коррозии, что требует регулярной проверки и обслуживания [29–31]. Дефекты в металлических компонентах системы уравнивания электрических потенциалов могут привести к возникновению опасных потенциалов, особенно при монтаже под бетонным покрытием. Ремонтопригодность такой системы может быть сомнительной. Исследования, проведенные авторами ранее [32–35], показали, что применение специальных смесей при монтаже под бетоном в сочетании с системами уравнивания электрических потенциалов позволяет оптимизировать параметры заземления и обеспечить равномерное распределение потенциала, что снижает разность потенциалов до безопасных значений. Такие системы обладают значительной коррозионной стойкостью [34] и при этом составляющие компоненты таких систем экологически безопасны и применяются в сельскохозяйственном производстве [36; 37], что снимает вопросы об их применимости для сельскохозяйственных и животноводческих объектов.

Несмотря на давно принятую нормативную базу [38], которая содержит предельно допустимые значения напряжения для животных (таблица), актуальны исследования влияния электрического тока на организм животных [1], которые будут направлены на разработку рекомендаций по созданию не влияющих на продуктивность условий содержания сельскохозяйственных животных.

**Время действия защиты [38]**

Время возможного воздействия напряжения прикосновения, с	Наибольшее допустимое напряжение прикосновения, В
0,2	150
0,5	100
1,0	75
5,0	35
10,0	25
св. 10	не более 12

К. Ф. Исхаков в [39] провел серию экспериментов с КРС и определил минимальные значения фибрилляционного тока (при времени действия до 30 с):

22 мА для пути тока «нос – ноги»;

270 мА для пути тока «передние ноги – задние ноги».

Эти результаты оказались удивительными, так как показали, что для достижения фибрилляции сердца электрическим током требуется намного меньшая интенсивность для пути тока «нос – ноги», чем для пути тока «передние ноги – задние ноги».

Результаты исследования, проведенного Ю. С. Борисовым [6; 39], подтвердили, что ампер-секундная характеристика смертельных исходов является нижней границей фибрилляционных токов. Полученные данные показали, что нижний предел фибрилляционного тока для животных выше, чем для человека. Было установлено, что смертельные исходы у животных при токе 100 мА возможны, но для этого требуется длительное его воздействие. Минимальное значение фибрилляционного тока для человека весом 70 кг равно 100 мА.

Сопротивление тела КРС может сильно колебаться в пределах от 100 до 4000 Ом и зависит от различных факторов, таких как величина воздействующего напряжения, общее состояние организма, окружающие условия, питание, возраст и вес животного. Если меняется сопротивление тела животного, то существенно изменяется и величина тока, вызываемого приложением к нему действующего напряжения [20].

Общее сопротивление животного включает сопротивление его тела ( $R_{\text{тела}}$ ) и сопротивление для растекания тока через ноги животного в землю ( $R_{\text{ног}}$ ). Более высокое сопротивление тела животного означает, что для передачи опасного напряжения ( $U_{\text{тела}}$ ) требуется большее значение напряжения. Однако риск для жизни живого организма представляет не напряжение, а ток, проходящий через тело.

Поэтому для расчета безопасного воздействия рекомендуется учитывать минимальное сопротивление тела животного, которое составляет примерно 200–300 Ом. Оценивая значения фибрилляционного тока ( $I_{\text{ф}} = 225\text{--}270$  мА) и учитывая  $R_{\text{ж}} = 200\text{--}300$  Ом, мы можем примерно определить опасные значения напряжения при шаге и прикосновении:  $U_{\text{пор}} = 20\text{--}30$  В (при времени воздействия до 30 с).

Анализ вольт-секундной характеристики порогового фибрилляционного состояния, проведенный на основе исследований К. Ф. Исхакова [39], показывает, что при напряжении прикосновения около 30 В и длительном протекании тока возможен смертельный исход. Это особенно опасно, когда животное привязано металлической цепью к трубопроводу в стойле, что исключает возможность самостоятельного отрыва от контакта, находящегося под напряжением. Таким образом, важно установить допустимое значение напряжения прикосновения и шага для животных:  $U_{\text{пр}} = 24$  В.

На сегодняшний день в Германии установлена и принята следующая зависимость между предельно допустимыми значениями напряжений шага и прикосновения и временем воздействия [20]:

$$U_{\text{доп}} = 20 \left( 1 + \frac{1}{t} \right). \quad (1)$$

Из (1) видно, что при  $t = 5$  с  $U_{\text{доп}} = 24$  В.

Данные допустимых напряжений совпадают с результатами, полученными отечественными исследователями. Это позволяет использовать эти нормы как основу для установления пределов допустимых напряжений шага и прикосновения для сельскохозяйственных животных. Для обеспечения дополнительной надежности следует рассматривать максимально допустимые значения напряжения шага и прикосновения при воздействии тока более 5 с ( $U_{\text{доп}} = 24$  В), а при воздействии тока менее 5 с  $U_{\text{доп}}$  определяется согласно уравнению (1). Достижение низких значений напряжения прикосновения или шага возможно за счет использования эффективной системы уравнивания электрических потенциалов, стойкой к коррозии [40]. Применение графита и гидрогеля как добавки при выполнении бетонных стяжек поверх систем уравнивания электрических потенциалов показало снижение шагового напряжения на вновь возводимых сегментах пола животноводческой фермы до 0,12 В. Без таких добавок на другом сегменте пола этого же объекта напряжение достигало 0,28 В. В совокупности со снижением сезонности и общего сопротивления заземляющих устройств такие значения обеспечивают минимизацию влияния шагового напряжения на продуктивность животных.

**Заключение.** При разработке мероприятий по обеспечению электробезопасности животных на фермах необходимо учитывать не только величины напряжения (тока), которые могут привести к смертельному исходу, но и такие, которые могут оказать негативное физиологическое воздействие, снизив производительность и благополучие животных [41].

Сельскохозяйственные предприятия, особенно те, которые обладают высокой степенью электрификации, могут столкнуться с проблемой возникновения небольших электрических напряжений, оказывающих негативное воздействие на животных. Такие напряжения могут возникать из-за потери напряжения в нейтральном проводе, что приводит к появлению нежелательных электрических потенциалов в сельскохозяйственных постройках и на окружающей территории. Уровень этих потенциалов может быть недостаточно высок, чтобы вызвать непосредственное электрическое поражение, но при этом иметь достаточную величину, чтобы оказывать вредное воздействие на здоровье животных.

Эксперименты показывают, что при увеличении потребления электроэнергии нежелательные электрические потенциалы могут достигать опасных значений. Это связано с тем, что при высокой доле однофазных потребителей электрической энергии в электрических сетях возникает несимметрия напряжений, что приводит к появлению тока в нулевом рабочем проводнике, и как результат, увеличение электрических потенциалов в местах монтажа повторных заземлителей.

Для обеспечения комфорта и здоровья животных необходимо применять технические решения, такие как системы уравнивания электрических потенциалов. Эти устройства должны быть установлены в помещениях для содержания животных, чтобы свести к минимуму разницу потенциалов между металлическими конструкциями зданий, и тем самым уменьшить возможное негативное воздействие на животных.

Кроме того, при проектировании новых сельскохозяйственных объектов необходимо предусматривать применение смесей, способных равномерно распределять потенциал в грунте и по поверхности стяжки и уменьшать напряжения прикосновения и шага. Это позволит создать благоприятные условия для животных и обеспечить их нормальную жизнедеятельность, что в свою очередь повлияет на эффективность сельскохозяйственного производства.

Описанный в работе способ применения грунтозамещающих смесей для заземляющих устройств поможет повысить стабильность работы заземляющих устройств, устройств уравнивания электрических потенциалов, снизить коррозионную нагрузку, обеспечить равномерное электрическое сопротивление и распределение потенциалов по поверхности пола в течение всего года. Это важно для снижения вредного физиологического воздействия электрических напряжений, уменьшающих производительность животных, и послужит для повышения продовольственной безопасности и конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант №Т22УЗБ-057).

## Литература

1. Андруш В. Г., Станкевич Е. В. // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26–27 марта 2015 г. Минск: БГАТУ, 2015. С. 212–214.



2. Терехин А. А. // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники: Материалы Междунар. заочной науч.-практ. конф., Балашиха, 14–15 апр. 2021 г. Балашиха: Рос. гос. аграр. заочн. ун-т, 2021. С. 122–124.
3. Павлов И. П. Полное собрание сочинений. 2-е изд., доп. М.: Изд-во АН СССР, 1951–1954. Т. 3, кн. 2: [Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности животных: главы XXXVI–LXIII (1923–1936 гг.)] / ред. Э. Ш. Айрапетянц. 1951. – 439 с.
4. Давлятишин Р. Х., Малышев П. Ф., Шкрабак Р. В. и др. // Вестн. аграрной науки Дона. 2016. № 33 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-i-sredstva-elektrozaschity-na-zhivotnovodcheskih-fermah-i-kompleksah>. – Дата доступа: 26.03.2024.
5. Харитончик А. А. // Энергетика в АПК: сб. тез. докл. студенческой науч. конф, Минск, 15–26 мая 2023 г. Минск: БГАТУ, 2023. С. 19.
6. Борисов Ю. С. // Вестн. ВИЭСХ. 2013. № 4(13). С. 55–59.
7. Якобе А. И. // Электробезопасность сельскохозяйственного производства: науч. тр. ВИЭСХ. 1977. Т. 43. С. 3–15.
8. Никольский О. К. Системы обеспечения электробезопасности в сельском хозяйстве. Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1977. – 192 с.
9. Schulze C., Peters M., Baumgärtner W., Wohlsein P. // Veterinary Pathology. 2016. Vol. 53, N 5. P. 1018–1029.
10. Киселев А. П., Власов С. П. // Промышленная энергетика. 1967. № 5. С. 39–43.
11. Дозель А. С., Медведский В. А. // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2016. № 19 (2). С. 222–227.
12. Казимир А. П., Прудников Н. И. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1982. № 6. С. 40–46.
13. Мастаков Ю. Ф., Прудников Н. И. // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 1989. № 55. С. 135–144.
14. Дороченский В. Д. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1984. № 6. С. 47–55.
15. Шалаева И. А. // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения: Материалы Региональной науч.-практ. конф. в рамках реализации Программы «ПРИОРИТЕТ–2030», Махачкала, 24 нояб. 2022 г. Махачкала: Дагестанский гос. аграр. ун-т им. М. М. Джембулагова, 2022. С. 118–125.
16. Васильева Е. В., Яковенко Е. А., Чибисев Н. Н., Федоров В. М. // Изв. Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2(66). С. 448–456.
17. Сакулин В. П. Безопасность труда при эксплуатации сельских электроустановок. Л.: Агропромиздат, 1987. – 251 с.
18. Скоробогатова А. М. и др. // Гигиена и санитария. 1976. № 6. С. 20–24.
19. Халин Е. В., Коструба С. И., Липантьева Н. Н. и др. // Техника в сельском хозяйстве. 2010. № 1. С. 17–20.
20. Костюков А. Ф., Черкасова Н. И., Афанасьева А. И. // Ползуновский вестн. 2014. № 4–1. С. 211–214.
21. Андреева Е. В. // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журн. 2007. № 2. С. 604.
22. Whittlestone W. G., Mullord M. M., Kilgour R., Cate L. R. // New Zealand Veterinary Journal. 1975. Vol. 23, N 6. P. 105–108.
23. Мошиашвили И. Я. // Ветеринария. 1961. № 5. С. 254–262.
24. Мусин А. М. // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журн. 2004. № 2. С. 543.
25. Козлов А. Л. // Электробезопасность. 2016. № 4. С. 47–52.
26. Коструба С. И. // Техника в сельском хозяйстве. 1969. № 7.
27. Барайшук С. М., Павлович И. А., Муродов М. Х., Богданович В. В. // Агропанорама. 2023. № 6 (160). С. 19–25.

28. *Краснов В. С., Коструба С. И., Никольский О. К.* // Вестн. сельскохозяйственной науки. 1968. № 4.
29. *Электробезопасность / Минсельхозпрод Респ. Беларусь, УО БГАТУ; [сост.: А. И. Федорчук, В. Г. Андруш, О. В. Абметко].* Минск: БГАТУ, 2012. – 188 с.
30. *Юданова А. В.* // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журн. 2011. № 2. С. 563.
31. *Привалов Е. Е.* *Электробезопасность: учеб. пособие.* Ставрополь: Ставропольский гос. аграр. ун-т, 2013. Ч. III: Защита от напряжения прикосновения и шага. – 156 с.
32. *Павлович И. А., Барайшук С. М.* // Энергетика. Изв. высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2023. Т. 66, № 4. С. 322–332.
33. *Павлович И. А., Барайшук С. М., Богданович В. В.* // Вестн. Фонда фундамент. исслед. 2023. № 4. С. 146–157.
34. *Барайшук С. М.* и др. // Агропанорама. 2021. № 5. С. 28–33.
35. *Драко М. А., Барайшук С. М., Павлович И. А.* // Изв. высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 1. С. 80–92.
36. *Кажаров А. Х.* Влияние скармливания обогащенного бентонитовой глиной силоса коровам на их продуктивность: дис. ... канд. с.-х. наук. Нальчик, 2009. – 142 с.
37. *Ревенко В. Ю., Агафонов О. М.* // Междунар. журн. гуманитар. и естествен. наук. 2018. № 11(2). С. 59–65.
38. Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током. Общие требования: ТКП 538-2014 (02150). Введ. 01.09.2014. Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2014. – 50 с.
39. *Исхаков К. Ф.* Возможности поражения электрическим током людей и животных на животноводческих фермах и способы защиты: дис. ... канд. техн. наук. М.: ВИМ, 1953.
40. *Борисов Ю. С.* Исследование условий электробезопасности на фермах крупного рогатого скота при использовании переменного тока частотой 50–400 Гц: дис. ... канд. техн. наук. М.: МИИСП, 1972.
41. *Семеник И. А., Корнеева М. А., Терехов В. С.* и др. // Российский нейрохирургический журнал им. профессора А. Л. Поленова. 2022. Т. 14, № 4. С. 84–88.

*I. A. PAVLOVICH, M. Kh. MURODOV, S. M. BARAISHUK, M. Y. NABIEV*

## **REDUCING THE INFLUENCE OF TOUCH AND STEP VOLTAGE ON THE GROWTH AND PRODUCTIVITY OF FARM ANIMALS. REVIEW**

### **Summary**

This paper examines the causes of electrical injuries in animals caused by the presence of potentials on equipment and step voltage. Particular attention was paid to the magnitude of touch voltages and the effects that occur in farm animals as a result of the passage of electrical current along various paths, such as nose-to-foot and front-leg-to-hind leg. It has been shown that these voltages can reach potentially dangerous values, which leads to the need to implement technical solutions to minimize the negative effects of electrical voltages on animals and ensure their comfort and health. Methods and technical means for protecting farm animals from electric shock and reducing electrical injuries in production in the agro-industrial complex are considered, the possibility of using an electrical potential equalization system using soil-substituting mixtures to optimize grounding is shown, and the advantages of such a solution are shown. Promising areas of research in the field of ensuring electrical safety and protection against the occurrence of electropathologies at agricultural facilities are noted. The need to improve existing and develop new means of ensuring electrical safety is noted. Recommendations are also given on how to possibly reduce the likelihood of electropathologies occurring in animals.