

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОПАТОЛОГИИ ДОЙНЫХ КОРОВ НА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЗИРОВАННЫХ ФЕРМАХ

А.Ф. Костюков, Н.И. Черкасова, А.И. Афанасьева

Вскрыты механизмы возникновения электропатологий сельскохозяйственных животных (дойных коров), снижающих молокоотдачу при машинном доении. Разработана методика экспериментальных исследований электропатологии и создана специальная измерительная аппаратура.

Ключевые слова: дойные коровы, электропатология, критерии электробезопасности

До недавнего времени реакция организма животного на прохождение по нему электрического тока оценивалась только с учетом физических параметров электрической установки (напряжение, ток, частота и т.п.). При этом игнорировались роль центральной нервной системы и сложность живого организма как важного звена в электрической цепи. Современное объяснение механизмов действия электрического тока на живой организм должно учитывать учение И.П. Павлова о роли и влиянии регулирующей нервной системы на функции различных органов и всего организма в целом. Электрический ток, являющийся особым видом раздражителя, действует на нервные воспринимающие окончания-рецепторы, передающие раздражение в центральную нервную систему. Специфичность действия электрического тока заключается в том, что он вызывает возбуждение воспринимающих нервных рецепторов не только в месте его проникновения в организм, но и по всему пути прохождения тока. Если порог раздражителя для центральной нервной системы является адекватным, то возникает та или иная ответная реакция (испуг, двигательная реакция и т.п.). Если же сила действия электрического тока выходит за пороговые пределы центральной нервной системы, то вслед за очень резким возбуждением может наступить столь же быстрое и глубокое торможение, с нарушением функций жизненно важных органов (сердечнососудистой, дыхательной и других) и даже прекращением их деятельности и гибелью животного.

Исследователи Бателли, Хупер, Кинг, Феррис, Коувенховен, И.Р. Петров, Б.И. Кадыков, Н.Л. Гурвич [1] отмечают, что различные действия электрического тока на организм находятся в определенной зависимости от величины напряжения и сопротивления в

цепи, вида тока и длительности его действия, места контакта и пути тока через организм. Характер же общей реакции организма на электротравму обуславливается как внешними (атмосферным давлением, температурой воздуха, влажностью), так и внутренними факторами (исходным состоянием организма и др.).

Нарушение деятельности сердца – одна из основных причин гибели от электрического тока. При протекании тока непосредственно через сердце наступает сердечная фибрилляция. На основании опытов Коувенховена у собак весом 12-16 кг фибрилляция сердца наступает при прохождении непосредственно через тело тока 15-20 мА.

А.П. Киселев и С.П. Власов [2] поставили серию опытов на 35 собаках разных пород весом от 6 до 25 кг, позволивших установить аналитическую зависимость среднего (расчетного) значения фибрилляционного тока в мА от веса животного:

$$I_p = (30 + 3,7G), \quad (1)$$

где G – вес животного, кг.

Экспериментальным путем была также установлена зависимость между величиной фибрилляционного тока и временем его воздействия. Дальдизель, применив вероятностно-статистический метод, получил выражение

$$I^2 t = k = \text{const}, \quad (2)$$

где I – минимальное значение фибрилляционного тока, мА;

t – время воздействия, с;

k – коэффициент, зависящий от веса животного и от принятой вероятности возникновения фибрилляции сердца.

Зависимость (2), выражающая количество энергии, выделившейся в теле животного при прохождении по телу электрического тока, в ряде стран положена в основу нормирования допустимых значений напряжений прикосновения и шага.

Безопасность обслуживания электроустановок на фермах как при нормальной эксплуатации, так и при аварийных режимах зависит от величины неравномерности распределения электрического потенциала по полу вокруг заземленного оборудования, а также от разности потенциалов между металлическими частями заземленного электрооборудования и поверхностью пола, т.е. от шагового напряжения прикосновения.

Были проведены многочисленные расчеты этих напряжений [3]. После обработки всех статистических данных о гибели животных был сделан вывод о целесообразности выравнивать распределение потенциалов внутри ферм. Для этого в полы животноводческих помещений вдоль фронта размещения животных необходимо закладывать стальной провод (катанка) диаметром 6-8 мм, соединенный сваркой с металлическими корпусами и трубопроводами фермы (рис. 1).

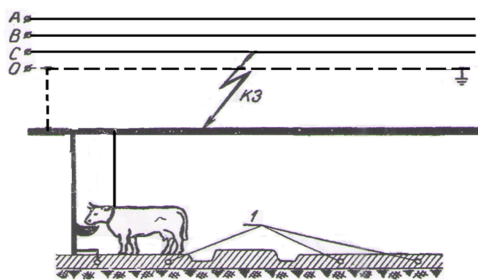


Рисунок 1 – Выравнивание распределения потенциалов внутри фермы:
1 – выравнивающие полосы; КЗ – место короткого замыкания

В настоящее время ГОСТ Р50571.14-96 (МЭК 364-7-705-84) – «Электроустановки сельскохозяйственных и животноводческих помещений» регламентирует предельно допустимые значения напряжения прикосновения для животных при воздействии переменного тока частотой 50 Гц в сетях с заземленной нейтралью в зависимости от времени воздействия (табл. 1).

Таблица 1 – Нормированное значение напряжения прикосновения для сельскохозяйственных животных

Наибольшее допустимое напряжение прикосновения, В	Время воздействия электрического тока на животное, с
150	0,2
100	0,5
75	1,0
35	5,0
25	10,0
Не более 12	Свыше 10

Ближайшие задачи исследования влияния электрического тока на организм животных должны быть направлены на разработку рекомендаций по созданию безопасных условий содержания крупного скота на фермах (в первую очередь коров, лошадей и свиней). Интересными в этом смысле можно считать опыты, поставленные К.Ф. Исхаковым [4]. Была проведена серия экспериментов на 300 головах крупного рогатого скота, что позволило установить минимальные значения фибрилляционного тока (при времени действия до 30 с): для пути тока нос-ноги – 22 мА; для пути тока передние ноги-задние ноги – 270 мА. Позднее эти результаты были подтверждены и в работе Ю.С. Борисова [5].

На основании проведенных опытов была получена [5] ампер-секундная характеристика смертельных исходов, представляющая собой низшую границу фибрилляционных токов, причем нижний предел фибрилляционного тока для животных выше, чем для человека. Если смертельные исходы животных при токе 100 мА и возможны, то для этого нужна большая длительность протекания его (минимальное значение фибрилляционного тока для человека весом в 70 кг равно 100 мА).

Сопротивление тела животного (крупный рогатый скот) изменяется в весьма широких пределах (100-4000 Ом) и зависит от величины приложенного напряжения, общего состояния организма, внешних условий, упитанности, возраста и веса. С изменением сопротивления тела животного существенно меняется приложенное к его телу напряжение.

Общее сопротивление состоит из сопротивления тела животного ($R_{\text{тела}}$) и сопротивления растеканию тока с ног животного в землю ($R_{\text{ног}}$). Чем больше будет сопротивление тела животного, тем, естественно, больше будет приложенное к его телу напряжение U тела. Величина тока, вызываемого действием напряжения прикосновения, с увеличением значения сопротивления тела животного не возрастает, а снижается. Но так как не напряжение опасно для жизни живого организма, а ток, проходящий через тело, то в качестве расчетного сопротивления тела животного следует принимать наиболее вероятные минимальные величины $R_{\text{ж}}=200\div 300$ Ом.

Принимая во внимание полученные значения фибрилляционного тока ($I_{\text{ф}}=225\div 270$ мА) и учитывая $R_{\text{ж}}=200\div 300$ Ом, можно ориентировочно определить поражающие значения напряжения шага и прикосновения: $U_{\text{пор}}=40\div 50$ В (при времени воздействия до 30 с).

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОПАТОЛОГИИ ДОЙНЫХ КОРОВ НА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЗИРОВАННЫХ ФЕРМАХ

Из анализа вольт-секундной характеристики порогового фибрилляционного состояния, построенной по результатам опытов К.Ф. Исхакова, следует, что при напряжении прикосновения около 30 В и длительном протекании тока возможен смертельный исход. При этом рассматривалась наиболее часто встречающаяся опасная ситуация: животное в стойле привязано металлической цепью к трубопроводу, что исключает возможность самостоятельного отрыва от контакта, находящегося под напряжением. Поэтому целесообразно принять значение допустимого напряжения прикосновения и шага для животных: Упр, ш < 30 В (при времени действия не более 30 с).

В настоящее время в Германии принята следующая зависимость предельно допустимых значений напряжений шага и прикосновения от времени воздействия:

$$U_{\text{доп}} = 20 \left(1 + \frac{1}{t} \right). \quad (3)$$

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

Сравнивая эти допустимые напряжения с полученными нами, убеждаемся в их идентичности. Поэтому представляется целесообразным принять за основу нормирования допустимых напряжений шага и прикосновения для сельскохозяйственных животных нормы, действующие в указанной стране.

Для увеличения запаса надежности следует считать предельно допустимыми значения напряжения шага и прикосновения при времени воздействия тока более 5 с $U_{\text{доп}}=24$ В, при времени воздействия тока менее 5 с $U_{\text{доп}}$ определяется из уравнения (3).

Разрабатывая рекомендации по обеспечению электробезопасности животных на фермах, следует учитывать не только смертельно поражающие значения напряжения (тока), но и такие значения, которые не ведут к угрожающим жизни последствиям, но и оказывают то или иное вредное физиологическое воздействие, в частности, как уже указывалось, снижают молокоотдачу.

Необходимо иметь в виду, что на электрифицированных фермах существуют реальные условия для постоянного или периодического воздействия на животных малых электрических напряжений, которые возникают на трубопроводах и металлоконструкциях из-за потери напряжения в нулевом проводе, и, как показывают экспериментальные исследования, эти напряжения могут в вечернее время достигать 16 В. Отдельными наблюдениями (в нашей стране и за рубежом) установлено, что низкие напряжения

оказывают вредное воздействие на организм животных, приводящее, в частности, к снижению молокоотдачи коров [6].

Отмеченное явилось основанием нормирования напряжений прикосновения и шага для КРС, причем в основу нормирования были положены три области, характеризующие степень воздействия электрического тока на организм животного: безопасная и безвредная (при неограниченном времени воздействия); вреднодействующая и поражающая, вызывающая гибель скота [7].

Введение отраслевого стандарта «Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током» легло в основу создания системы выравнивания электрических потенциалов на фермах КРС. Однако требуют научного обоснования мероприятия по предотвращению электропатологии дойных коров от вреднодействующих напряжений.

С целью изучения механизма электропатологии животных, снижающей продуктивность, ниже представлена методика экспериментального исследования, предусматривающая:

Установление пороговых значений токов, вызывающих поведенческие реакции животного;

Установление пороговых значений токов, вызывающих вегетативные реакции животного;

Установление пороговых значений токов, вызывающих снижение молокоотдачи и молочной продуктивности;

Изучение зависимости величины порогов в случаях 1,2,3 от путей тока через тело животного, от характера нарастания, продолжительности и повторностей действия тока;

Установление соотношений величин порогов в случаях 1.2.3 и предельнодопустимых значений токов в первую очередь по критерию 3;

Разработка методики оценки поведенческих реакций коров на электрический ток, величина напряжения которого адекватна изменению скорости молокоотдачи;

Нормирование перечисленных критериев электробезопасности.

Решение перечисленных задач предполагает проведение натурных исследований, связанных с регистрацией и обработкой значительных объемов электрофизиологической информации о состоянии животных и о влиянии электрического тока на их продуктивность. Сюда, в первую очередь, следует отнести: автоматизацию сердечной мышцы, обусловленную частотой сердцебиения; уровень

кровенаполнения избранного сосудистого региона; измерение относительного изменения величины систолического и диастолического давления; измерение частоты и глубины дыхания; измерение температуры тела избранного участка кожных покровов. Сбор и анализ такой информации связан с необходимостью применения современных методов измерения и программных средств, позволяющих перейти от ручных способов к автоматическим, обеспечивающим непрерывную и синхронную регистрацию необходимых параметров.

В АлтГТУ разработана автоматизированная система измерения и анализа параметров биологического объекта, позволяющая синхронно регистрировать информацию в аналоговой и цифровой форме, обрабатывая ее с помощью ПК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никольский О.К. Системы обеспечения электробезопасности в сельском хозяйстве. Барнаул, Алт. кн. изд-во, 1977.
2. Киселев А.П., Власов С.П. К вопросу о критериях электробезопасности. Промышленная энергетика, 1967, № 5.
3. Коструба С.И., Мишкин В.М., Никольский О.К. Защита животных от поражения током и молнией. Техника в сельском хозяйстве, 1968, № 2.
4. Исхаков К.Ф. Возможности поражения электрическим током людей и животных на животноводческих фермах и способы защиты. Канд. дисс., ВИМ, 1953.
5. Борисов Ю.С. Исследование условий электробезопасности на фермах крупного рогатого скота при использовании переменного тока частотой 50-400 Гц. Канд. дисс. МИИСП, 1972.
6. Коструба С.И. Выравнивание электрических потенциалов на животноводческих фермах. Техника в сельском хозяйстве, 1969, № 7.
7. Краснов В.С., Коструба С.И., Никольский О.К. О нормировании допустимых электрических напряжений для животных на мясо-молочных фермах. Вестник сельскохозяйственной науки, 1968, № 4.

Костюков А. Ф. - АлтГТУ им. И.И. Ползунова, кафедра «Электрификация производства и быта», к.т.н., докторант,

*E-mail: Kostjukovaf@mail.ru,
тел. (385-2) 36-71-29.*

Черкасова Н.И. - Рубцовский индустриальный институт АлтГТУ им. И.И. Ползунова, зав. кафедрой «Электроэнергетика», к.т.н., доцент,

*тел. (38557)5-98-75,
E-mail: 4ercas@bk.ru*

Афанасьева А.И. - Алтайский государственный аграрный университет, д.б.н., профессор, декан БТФ; *E-mail: elnis@inbox.ru
тел. (3852)628046*