

4. Кабина транспортного средства: пат. 9631 Республики Беларусь на полезную модель, МПК (2006. 01) В 60 Н 1/00 (2006. 01), В 62 Д 33/06 / Л.В. Мисун, А.Л. Мисун, Ю.В. Агейчик, В.А. Агейчик, А.Н. Гурина; заявитель Белорус. гос. аграрн. технич. ун-т. – № и 20130333; заявлено 15.04.2013; опубл. 30.10.2013 // Афiц. бюл. / Нац. цэнтр інтэл. уласн. – 2013. – № 5. – С. 182.
5. Единый тарифно-квалификационный справочник для работников растениеводства: Национальный реестр правовых актов РБ. – 25 мая 2012 г. – 8/25702 (с изменениями и дополнениями на 01.01.2014.).
6. Технология промышленного выращивания клюквы крупноплодной на получение ягодной продукции / Е.А. Сидорович [и др.]. – Минск: Белорус. науч.-исслед. ин-т науч.-технич. информации и технико-эконом. исслед., 1992. – 120 с.
7. Мисун, Л.В. Организация безопасной эксплуатации технических средств защиты растений в промышленном производстве клюквы / Л.В. Мисун, А.А. Зеленовский, В.Л. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2011. – 124 с.

УДК 636:658.345.8 (075.32)

**В.Г. Андруш, А.И. Федорчук,
А.Г. Филипович**

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
СИСТЕМЫ
БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА
В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОЙ
ОТРАСЛИ**

Введение

Наиболее травмоопасными процессами в животноводстве являются приготовление и раздача кормов, доение коров, обслуживание животных – 36 % несчастных случаев в отрасли [1]. В особую группу по тяжести исхода выделяют травмы, нанесенные электрическим током – 8,3 % от погибших в АПК.

Системный подход позволяет внедрить весьма эффективный с точки зрения установления истинных причин и обстоятельств несчастного случая метод расследования на основе анализа сетевой модели травмирования. Этот метод позволяет с большой достоверностью установить причинно-следственные связи несчастного случая в конкретном производстве и наметить действительно эффективные мероприятия по борьбе с травматизмом.

Основная часть

Анализ событий, предшествовавших несчастному случаю, свидетельствует, что протекание во времени и пространстве части из них четко предопределено. Например, транспортирование и выдача корма животному, другие операции происходят по заранее намеченному алгоритму, т. е. четко регламентированы. Назовем эти события детерминированными.

В отличие от них вероятностные события носят случайный характер. К ним можно отнести: опасность поскользнуться на мокром полу, поломку палки-водила, появление напряжения на корпусе оборудования, пренебрежение к выполнению отдельных требований инструкции по охране труда, неожиданные действия животного.

Детерминирование, упорядочение событий, сопутствующих производственному процессу, в значительной степени снижает опасность травматизма. Если принять как критерий безопасности вероятность выполнения без несчастного случая оператором программы в течение всей рабочей смены, то его можно выразить формулой:

$$P_{\bar{o}} = 1 - \sum_i \sum_j \sum_k (P_{н.с.})_{i,j,k},$$

где $(P_{н.с.})_{i,j,k}$ – вероятность возникновения несчастного случая на i этапе выполнения рабочей программы, связанном с использованием j -системы средств на k производственном участке.

В свою очередь, вероятность возникновения несчастного случая в данный момент времени зависит от возможности попадания человека под влиянием внешних условий в опасную зону на данном участке и от наличия и эффективности защитных средств:

$$(P_{н.с.}) = P_n - P_{защ},$$

где P_n – вероятность попадания человека в опасную зону;

$P_{защ}$ – вероятность безотказного срабатывания защитных средств.

Анализируя эту формулу, можно видеть: несчастный случай будет исключен на данном производственном участке, если $P_{защ} > P_n$, т. е. в случае надежного срабатывания защитных средств при контакте человека с опасной зоной. Весомость вероятности несчастного случая $(P_{н.с.})_i$ зависит от времени действия человека вблизи опасной зоны, т. е.

$$\sum \sum \sum (P_{н.с.}) = P_{н.с.} \times k_1 + P_{н.с.} \times k_2,$$

где $k = t_{он} / T$ – коэффициент травмоопасных ситуаций;

$t_{он}$ – продолжительность нахождения человека в опасной зоне;

T – продолжительность рабочего цикла.

В процессе совершенствования технических средств защиты для каждого травмоопасного фактора можно локализовать источник опасности, исключив возможность попадания в него человека или обеспечив прекращение его действия в случае проникновения человека в опасную зону.

Состояние системы, а также каждого входящего в нее элемента характеризуется некоторым числом независимых переменных (физические, химические, механические или электрические факторы), которые могут принимать любые значения, в том числе опасные и вредные [2].

Рассмотрим эффективность системы мер защиты от поражения электрическим током в специализированных зданиях животноводства для содержания крупного рогатого скота на основе устройств выравнивания и уравнивания электрических потенциалов (УВЭП) [3], учитывая, что животные более человека уязвимы к действию электрического тока.

В таких зданиях применяют УВЭП, содержащие металлические стержневые или протяженные элементы, электрически соединенные с

технологическим оборудованием и металлоконструкциями, доступными для прикосновения, и установленные в токопроводящем полу стойл [4].

Стержни УВЭП погружают в землю под стойла вдоль их внешней стороны с разряжением в каждом ряду от периферии к центру. Длина каждого стержня должна быть не менее 0,5 длины стойла. Погружают их в землю под углом 35–50° к поверхности пола стойл. Расстояния между соседними стержнями $a_i, м$, увеличивают от периферии к центру по арифметической прогрессии:

$$a_i = a_1 + (i - 1) b,$$

где a_1 – удвоенная ширина стойла, $м$;

i – порядковый номер расстояния между стержнями;

b – разность, равная ширине стойла, $м$.

Вместе с тем при выполнении УВЭП, наряду со снижением потенциала на металлоконструкциях, оказавшихся под напряжением, возникают и явления, связанные с появлением потенциала на поверхности пола (земли) вокруг места стекания тока в землю. Возникающие при этом разности потенциалов отдельных точек цепи тока, в том числе на поверхности земли, могут достигать значений, представляющих собой опасность для человека (животного).

С этой целью рассмотрим стержневой заземлитель круглого сечения длиной $l, м$, и диаметром $d, м$, погруженный в землю так, чтобы его верхний конец был на уровне земли. С заземлителя стекает ток $I_3, А$. Необходимо найти выражения для потенциала точек на поверхности земли и для потенциала заземлителя.

Разбиваем заземлитель по длине на бесконечно малые участки, каждый длиной $dy, м$, и уподобляем их элементарным шаровым заземлителям диаметром $dy, м$.

С каждого такого участка в землю стекает ток, A :

$$dI_3 = \frac{I_3 dy}{l},$$

который обуславливает возникновение элементарного потенциала $d\varphi, В$, в некоторой точке земли.

Нас интересует точка A на поверхности земли, отстоящая от оси стержневого заземлителя на расстоянии $x, м$.

Потенциал этой точки, обусловленный одним элементарным шаровым заземлителем, будет, B :

$$d\varphi = \frac{dI_3 \rho}{2\pi m}.$$

Учитывая, что расстояние $m, м$, от середины стержня до точки A $m = \sqrt{x^2 + y^2}$, и заменяя dI_3 его значением, получаем:

$$d\varphi = \frac{I_3 \rho dy}{2\pi l \sqrt{x^2 + y^2}},$$

где x, y – координаты точки $A, м$.

Интегрируя это уравнение по всей длине стержневого заземлителя (от 0 до l), получим искомое уравнение для потенциала точки А, т. е. уравнение потенциальной кривой:

$$\varphi = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \int \frac{dy}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \cdot \ln \frac{\sqrt{x^2 + y^2} + l}{x}.$$

Потенциал заземлителя φ_3, B , будет при $x = 0,5 d, м$, т. е.

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \cdot \ln \frac{\sqrt{0,5d^2 + l^2} + l}{0,5d}.$$

Здесь $0,5d \ll l$, следовательно, первым слагаемым под корнем можно пренебречь. Тогда это уравнение примет вид:

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \cdot \ln \frac{4l}{d}.$$

По условиям безопасности заземление, каким является по существу УВЭП, должно обладать сравнительно малым сопротивлением, обеспечить которое можно путем увеличения геометрических размеров одиночного заземлителя (электрода) или применения нескольких параллельно соединенных между собой электродов – группового заземлителя.

Подсчет показывает, что второй путь во много раз экономнее по затрате металла и другим условиям. Кроме того, при нескольких электродах можно выровнять потенциальную кривую на территории, где они размещаются, что играет решающую роль в обеспечении безопасности.

Очевидно, что потенциал каждого электрода группового заземлителя состоит из собственного потенциала, обусловленного стеканием через него тока, и потенциалов, наведенных на нем полями других электродов, т. е.

$$\varphi_{гр} = \varphi_{01} + \sum_n^n \varphi_n,$$

где φ_{01} – собственный потенциал первого электрода, B ;

n – количество электродов;

φ_n – потенциал, наведенный на первом электроде одним из соседних, B .

Он определяется по уравнению потенциальной кривой этого соседнего электрода с учетом расстояния между ними.

Если электроды группового заземлителя расположены на одинаковых расстояниях один от одного (а это может быть только при двух электродах или трех, размещенных в вершинах равностороннего треугольника), то у них оказываются одинаковыми не только собственные потенциалы φ_0 , но и потенциалы, наводимые каждым из них на другие электроды φ_n . Для этих частных случаев уравнение принимает вид:

$$\varphi_{гр} = \varphi_0 + (n - 1) \varphi_n.$$

Напряжение прикосновения будет:

$$U_{пр} = \varphi_3 - \varphi_{ос},$$

где $\varphi_{ос}$ – потенциал основания, на котором стоит человек (животное).

Или

$$U_{\text{пр}} = \varphi_3 \alpha_1,$$

где α_1 – коэффициент, называемый коэффициентом напряжения прикосновения или просто коэффициентом прикосновения, учитывающим форму потенциальной кривой:

$$\alpha_1 = (1 - \varphi_{\text{oc}} / \varphi_3) \leq 1.$$

Ток, стекающий в землю через человека (животное), стоящего на земле, полу и другом основании, преодолевает сопротивление не только тела человека (животного), но и сопротивление этого основания, вернее, тех его участков, с которыми имеют контакт подошвы ног человека (животного).

Следовательно, разность потенциалов $\varphi_3 - \varphi_{\text{oc}}$, равная $\varphi_3 \alpha_1$, B , оказывается приложенной не только к сопротивлению тела человека (животного) R_h , O_m , но и к последовательно соединенному с ним сопротивлению основания R_{oc} , O_m , на котором стоит человек (животное), т. е.

$$\varphi_3 \alpha_1 = I_h (R_h + R_{\text{oc}}).$$

Заменив в этом выражении ток I_h , A , проходящий через человека (животное), его значением, получим:

$$\varphi_3 \alpha_1 = U_{\text{пр}} \frac{R_h + R_{\text{oc}}}{R_h},$$

откуда напряжение прикосновения с учетом падения напряжения в сопротивлении растеканию основания, B :

$$U_{\text{пр}} = \frac{\varphi_3 \alpha_1 R_h}{R_h + R_{\text{oc}}},$$

или

$$U_{\text{пр}} = \varphi_3 \alpha_1 \alpha_2.$$

Здесь α_2 – коэффициент напряжения прикосновения, учитывающий падение напряжения в сопротивлении растеканию основания, на котором стоит человек (животное):

$$\alpha_2 = \frac{1}{1 + (R_{\text{oc}} / R_h)}.$$

В области защитных устройств от поражения током – заземления, зануления и др. – интерес представляют также напряжения между точками на поверхности земли (или ином основании) в зоне растекания тока с заземлителя. В этом случае напряжением шага будет являться разность потенциалов φ_x , B и φ_{x+a} , B , двух точек на поверхности земли в зоне растекания тока, которые находятся на расстоянии x и $(x + a)$ от заземлителя, а одна от другой – на расстоянии шага, и на которых одновременно стоит человек (животное). Таким образом, напряжение шага будет, B :

$$U_{\text{ш}} = \varphi_x - \varphi_{x+a}.$$

Поскольку φ_x и φ_{x+a} являются частями потенциала заземлителя φ_3 , разность их также есть часть этого потенциала. Поэтому мы вправе записать:

$$U_{\text{ш}} = \varphi_3 \beta_1,$$

где β_1 – коэффициент напряжения шага или просто коэффициент шага, учитывающий форму потенциальной кривой:

$$\beta_1 = \frac{\varphi_x - \varphi_{x+a}}{\varphi_3} < 1.$$

Как и в случае напряжения прикосновения, разность потенциалов между двумя точками, на которых стоит человек (животное), т. е. $\varphi_3 \beta_1 = \varphi_x - \varphi_{x+a}$, B , делится между сопротивлением тела человека (животного) и последовательно соединенным с ним сопротивлением растеканию основания, на котором он стоит $R'_{\text{ос}}$, $O\text{M}$.

В данном случае сопротивление основания складывается из двух последовательно соединенных сопротивлений растеканию тока через ноги: $R'_{\text{ос}} = 2R_{\text{н}}$.

Следовательно:

$$\varphi_3 \beta_1 = I_{\text{н}}(R_{\text{н}} + R'_{\text{ос}}) = U_{\text{ш}} \frac{R_{\text{н}} + 2R_{\text{н}}}{R_{\text{н}}},$$

откуда напряжение шага, B :

$$U_{\text{ш}} = \frac{\varphi_3 \beta_1 \beta_h}{R_{\text{н}} + 2R_{\text{н}}},$$

или

$$U_{\text{ш}} = \varphi_3 \beta_1 \beta_2,$$

где β_2 – коэффициент напряжения шага, учитывающий падение напряжения в сопротивлении растеканию основания:

$$\beta_2 = \frac{1}{1 + (2R_{\text{н}}/R_{\text{н}})}.$$

При выполнении УВЭП стержнями с разрежением к центру могут возникнуть ситуации, при которых выравнивание потенциалов будет недостаточным для находящихся ближе к середине помещения.

Пользуясь зависимостями, приведенными выше, рассмотрим эти ситуации на примере четырехрядного коровника на 200 голов размером 2178 м; стойла шириной 1,2 м и длиной 1,9 м, имеются два кормовых прохода шириной 2,25 м и три навозных прохода – два пристенных шириной 1,3 м и один в середине помещения (по длине) шириной 2,5 м.

В коровнике смонтировано в каждом ряду по 13 стержневых заземлителей, в целом по зданию $n = 52$. Длина каждого стержня l должна быть не менее 0,5 длины стойла, т. е. в нашем случае принимаем $l = 1$ м ($>1,9/2$ м). Диаметр стержней d выбирается с учетом удельного электрического сопротивления грунта ρ , а для существующих животноводческих помещений d не менее 12 мм при использовании неоцинкованной стали. Таким образом, расчет выполняем при $\rho = 5; 10; 20; 60; 70; 100; 140$ Ом·м со стержнями выравнивающего устройства из неоцинкованной стали диаметром 12...18 мм.

Для данного коровника получаем, что максимальное расстояние будет между пятым и шестым, восьмым и девятым стержнями каждого ряда, между

которыми насчитывается по 6 стоек, т. е. $a_{6,8} = 7,2$ м. Максимальное напряжение прикосновения и напряжение шага будет воздействовать на коров, стоящих посредине этих промежутков, а расстояние до задних ног коровы равно 4,1 м.

Предполагаем, что на металлоконструкции попадает фазное напряжение ($U_3 = U_\phi = 220$ В) вследствие неэффективного срабатывания зануления, а также в некоторых других случаях.

Полученные в результате расчета данные сводим в таблицу 1.

Таблица 1. – Показатели эффективности УВЭП

ρ , Ом·м	d , м	R_1 , Ом	R_n , Ом	I_3 , А	φ_x , В	U_{np} , В	$U_{ш}$, В
5	0,018	4,04	0,15	53,0	10,1	1,4	0,8
10	0,018	8,08	0,30	51,2	19,6	2,7	1,6
20	0,014	16,9	0,61	47,7	36,5	5,1	2,9
60	0,014	50,7	1,83	37,7	86,4	12,1	6,9
70	0,014	59,1	2,23	35,1	93,9	13,1	7,5
100	0,014	84,5	3,19	30,6	116,9	16,4	9,4
140	0,012	121,9	4,6	25,6	137,0	19,2	11,0

Как видно из таблицы 1, для принятых исходных данных напряжение прикосновения превышает допустимое значение (12 В) при удельном электрическом сопротивлении грунта $\rho > 60$ Ом·м.

Заключение

1. Безопасность технологических процессов, машин, применяемых в сельском хозяйстве, можно рассматривать как сочетанное действие случайностей и закономерностей, и она может описываться математическими моделями во всех их проявлениях и особенностях.

2. Эффективность защиты животных от поражения электрическим током путем выполнения УВЭП из стержневых заземлителей с увеличением расстояния между ними от периферии к центру по арифметической прогрессии не всегда может быть обеспечена и при известных параметрах УВЭП зависит в первую очередь от удельного электрического сопротивления грунта в месте строительства.

3. Результаты данного исследования целесообразно учитывать при уточнении (разработке) соответствующих нормативных документов (ТКП) в области обеспечения безопасности производственных процессов животноводческой отрасли.

20.05.2015

Литература

1. Пиуновский, И.И. Проблема травматизма с тяжелым и смертельным исходом в АПК / И.И. Пиуновский, В.И. Володкевич, А.В. Молош // Охрана труда. Сельское хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 66–77.

2. Федорчук, А.И. К вопросу прогнозирования производственно-обусловленной заболеваемости в сельскохозяйственных организациях / А.И. Федорчук, В.Г. Андруш // Агропанорама. – 2013. – № 4. – С. 31–33.
3. Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током. Общие требования: ТКП 538–2014 (02150). – Введ. 01.09.2014. – Минск: Минсельхозпрод, 2014. – 45 с.
4. Андруш, В.Г. Совершенствование устройства выравнивания электрических потенциалов на ферме КРС / В.Г. Андруш, Е.В. Станкевич // Материалы МНПК «Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве», Минск, 23–24 октября 2014 г. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 237–238.

УДК 331.45

**Л.В. Мисун, С.В. Жилич,
М.А. Брынза**

*(УО «БГАТУ»,
г. Минск, Республика Беларусь)*

ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКА ЗАБОЛЕВАНИЙ РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОСЕРВИСА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ

Введение

Среди фундаментальных прав и свобод, которые должно обеспечивать государство, одно из главных мест занимает право на охрану труда и здоровье в процессе трудовой деятельности. Осуществление деятельности, специально направленной на предотвращение и контроль возникновения и распространения вредного воздействия, имеющего место при выполнении производственных процессов, может защитить и улучшить здоровье работников, содействовать безопасному и непрерывному развитию производства, повышению социальной стабильности в обществе. Принимать превентивные меры необходимо до фактического возникновения вредного воздействия и установления ущерба здоровью. Рабочая обстановка должна находиться под постоянным наблюдением. Только тогда вредные вещества и факторы можно своевременно обнаружить и удалить или проконтролировать их возникновение и распространение, прежде чем они окажут какое-либо вредное воздействие на работников.

Большинство факторов производственной среды и трудового процесса нормированы по уровню или дозе, а условия труда строго регламентированы с целью недопущения опасного или вредного воздействия на организм работников. Однако известно, что полностью ликвидировать вредные и опасные факторы на производстве не удастся, так как некоторые из них являются неотъемлемой частью обязательных технических процессов. В