

**В. Г. Андруш<sup>1</sup>, И. В. Мацкевич<sup>1</sup>, Е. В. Шелегова<sup>1</sup>, В. И. Володкевич<sup>2</sup>, В. А. Быстрова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: v.g.andrush.uot@bsatu.by

<sup>2</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: info@belagromech.by

<sup>3</sup>Белорусский государственный университет

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: veronikabystrova94@gmail.com

### **ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ РАССЛЕДОВАНИЯ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ, ВЫЗВАННЫХ ДЕЙСТВИЕМ ФАКТОРОВ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА**

*Аннотация.* В статье выполнены теоретические исследования и обоснована модель расследования несчастных случаев со смертельным исходом в животноводстве, вызванных действием опасных и вредных факторов природного характера, а именно ударом молнии. Построена ситуационная модель несчастного случая, которая позволила установить закономерности возникновения случаев производственного травматизма со смертельным исходом от грозовых проявлений при летне-пастбищном содержании скота.

*Ключевые слова:* несчастный случай, ситуационная модель, причина, нарушение требований охраны труда, закономерности травматизма.

**V. G. Andrush<sup>1</sup>, I. V. Matskevich<sup>1</sup>, E. V. Shelegova<sup>1</sup>, V. I. Volodkevich<sup>2</sup>, V. A. Bystrova<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>EI “Belarusian State Agrarian Technical University”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: v.g.andrush.uot@bsatu.by

<sup>2</sup>RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: info@belagromech.by

<sup>3</sup>Belarusian State University

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: veronikabystrova94@gmail.com

### **SUBSTANTIATION OF THE MODEL OF INVESTIGATION OF ACCIDENTS IN ANIMAL HUSBANDRY CAUSED BY NATURAL FACTORS**

*Abstract.* In the article theoretical researches are carried out and the model of investigation of fatal accidents in cattle breeding caused by the action of dangerous and harmful factors of natural character, namely, lightning strike is substantiated. The situational model of an accident is constructed, which allowed to establish regularities of occurrence of cases of industrial traumatism with fatal outcome from thunderstorm manifestations at summer-pasture cattle keeping.

*Key words:* accident, situational model, cause, violation of labour protection requirements, regularities of traumatism.

#### **Введение**

Реформы в области охраны труда [1] позволяют оценивать риски каждого конкретного предприятия в агропромышленном комплексе (АПК) с учетом индивидуальных особенностей производства с целью предупредить и снизить производственный травматизм. Однако в некоторых

отраслях количество пострадавших от несчастных случаев на производстве остается высоким, несмотря на проводимые мероприятия.

Самой травмоопасной в АПК по количеству смертельных случаев является профессия животновода. Повышенного внимания заслуживает такой вид работ, как выпас скота, т. к. летне-пастбищное содержание крупного рогатого скота является широко распространенным, и в это время происходят несчастные случаи с обслуживающим персоналом [2].

Основными причинами травм при выпасе скота является непосредственный контакт работающего с сельскохозяйственными животными (США – 18 %, Великобритания – 35 %) [3]. В отдельных случаях гибель и травмы на открытых территориях животноводы получают в результате ухудшения состояния производственной среды (опасных явлений погоды в теплый период года). Такими явлениями в Республике Беларусь могут быть грозы, ливни, шквалы, град.

Одним из путей предотвращения травматизма на рабочих местах является выявление причин возникновения несчастных случаев (НС), их анализ и разработка эффективных методов управления безопасностью [4].

В литературных источниках [5–10] описаны различные теории и модели причин возникновения НС, основанные на исследовании статистических данных, поведения человека, поиске причинно-следственных связей. Наиболее известные из них – модель «домино» Хайнриха [5], модель «швейцарского сыра» Д. Ризона [6], пирамида происшествий Хейнриха [7], эпидемиологическая модель Гордона [8], системно-теоретическая модель и процессы происшествий (STAMP) Левесона [9], метод FTA [10] и основанные на нем модели, известные в отечественной практике как «дерево отказов».

Целью данной статьи является проведение теоретических исследований, в ходе которых составлена структура НС, предложена модель расследования НС, «дерево событий и исходов», позволяющих установить закономерность и причины возникновения случаев травматизма со смертельным исходом, происходящих с животноводами во время летне-пастбищного выпаса скота при воздействии опасного природного фактора (удара молнии).

### Основная часть

Согласно статистике, в АПК практически ежегодно происходит несколько зарегистрированных смертельных несчастных случаев, вызванных ударом молнии, с животноводами, занимающимися летне-пастбищным содержанием скота [11]. При этом фактически не регистрируется НС с тяжелыми и легкими последствиями.

Расследование несчастных случаев, связанных с опасными природными факторами, сводится к сбору таких данных, как время, место, обстоятельства происшествия, показания очевидцев, характер и тяжесть травм пострадавшего, стаж его работы, прохождение им инструктажей, обучения и проверки знаний по охране труда, медицинского осмотра, обеспечение СИЗ, наличие алкогольного, наркотического или токсического опьянения. При этом, если все документы оформлены надлежащим способом и явных нарушений со стороны организации не выявлено, причины произошедшего несчастного случая глубоко не анализируются, каких-то действий корректирующего характера не проводится, т. к. опасным фактором, приведшим к смерти работника, явилось воздействие природного явления (удар молнии). Невьясненными остаются вопросы поведения пастухов в опасных метеорологических условиях, пренебрежения ими защищенными укрытиями, неприменения надлежащей для данного вида работ одежды и обуви [12].

*Выбор метода расследования НС.* Для расследования несчастных случаев в сельском хозяйстве и конкретно в животноводстве важно правильно подобрать метод расследования НС. Согласно классификации Чарльза Перроу, виды деятельности можно распределить по уровню управляемости в зависимости от гибкости внутренних связей [13]. Прямое управление соответствует жесткой связи (управленческие решения (верные и неверные) распространяются на всю систему), а косвенное управление – гибкой связи (управленческие решения, как верные, так и неверные, необязательно распространятся на всю систему), в чем ее несомненное преимущество. Управляе-

мость в классификации Перроу – это четкость и очевидность системы (влияние событий, происходящих в одной точке системы, на последствия и реакцию в других точках системы).

Возможно предположить, что сельскохозяйственные организации относятся к системам с высокой управляемостью (линейное взаимодействие события в одной точке будет иметь предсказуемые последствия и реакцию в других точках) и гибкими связями (т. е. работником возможно выполнение, невыполнение, а также перепоручение выполнения управленческого решения другому лицу; либо замена им порученного действия на другое, более ему подходящее или срочное), согласно распределению рекомендуемых групп методов расследования происшествий в зависимости от уровня управляемости и гибкости внутренних связей Эрика Холлнагеля [14]. Таким образом, при расследовании причин НС в сельскохозяйственных организациях при летне-пастбищном выпасе скота возможно применение простых методов причинно-следственной связи, так как данный вид работ еще недостаточно автоматизирован и отстает от других видов работ по внедрению новых технологий.

*Обоснование модели расследования НС.* Модели причинно-следственных связей исследуют различные этапы происшествия и формируют логическую последовательность событий, чтобы четко определить причины (прямые, косвенные, коренные) несчастных случаев и их взаимосвязь. Модели, рассматривающие ошибки человека, основаны на теории «домино» Хайнриха [5], концепции Э. Адамса [10] и модели Ф. Бёрда и Р. Лофтаса [15].

Структура несчастных случаев, происходящих при выпасе скота вследствие действия опасного природного фактора – грозового разряда выглядит следующим образом (рис. 1, табл. 1).

Согласно теории «домино» В. Х. Хайнриха [5] несчастный случай состоит из последовательности факторов: происхождение, социальные условия рабочего; его ошибка; неправильные действия в момент возникновения опасности (физической или механической); НС; травма или ущерб. По его предположению 80 % аварий происходит из-за ошибочных действий работников и 20 % связаны с опасными условиями производства. Каждый фактор приводит в движение следующий, подобно падающим костяшкам домино.

В концепции «домино» Э. Адамса [10] пересмотрена суть трех первых факторов, ошибочные действия работника заменены на ошибочные действия организации и выглядят следующим образом:

- 1) ошибки (стратегические) и недостатки структуры управления;
- 2) ошибки в управлении и организации производственного процесса, в планировании и выполнении отдельных операций);
- 3) ошибки (тактические) – опасные действия или условия, которые непосредственно ведут к возникновению аварии).

Модель Бёрда и Лофтаса [15] также основывается на теории Хайнриха, но основное внимание уделяется тому, как управление (менеджмент) влияет на возникновение причин происшествий. Первые три фактора, как и у Адамса, заменены и рассматриваются иначе, чем у Адамса и Хайнриха:

- 1) недостатки в управлении;
- 2) основные причины аварии;
- 3) непосредственные причины аварии.

Для поиска факторов, которые следует исключить из цепи событий для предотвращения несчастного случая, объединим все три модели (Хайнриха, Адамса, Бёрда и Лофтаса). В этом случае модель «домино» для расследования несчастных случаев, произошедших с животноводами при выпасе скота вследствие действия опасного фактора (грозового разряда молнии) будет выглядеть следующим образом (табл. 2).

Согласно теории «домино», если убрать средний элемент из цепочки (обычно это элемент № 3), то несчастного случая не произойдет. В рассматриваемой последовательности опасное действие, тактическая ошибка, непосредственная причина – это то, что работник во время грозы остался в поле.

Построение ситуационной модели. Для построения ситуационной модели сформулируем условие достаточности причин НС с помощью логической импликации (исключив недостатки и ошибки в структуре управления):



Рис. 1. Структура несчастного случая при воздействии опасного природного фактора (молнии)

Таблица 1. Факторы структуры несчастного случая при воздействии опасного природного фактора (молнии)

Опасные действия	Опасные условия	Управление охраной труда	Психофизиологическое состояние работника	Физическое состояние работника
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Отсутствие средств молниезащиты, пожароизвещения, пожаротушения в вагончиках (бытовках)</li> <li>- Неприменение СИЗ (резиновые сапоги, непромокаемый плащ)</li> <li>- Игнорирование сообщений об ухудшении погодных условий</li> <li>- Нахождение на открытой местности во время грозы (игнорирование укрытия в зоне с молниезащитой)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Неэффективность средств молниезащиты, пожароизвещения, пожаротушения в вагончиках (бытовках)</li> <li>- Размещение на местности с большей вероятностью поражения молнией (холм, линии электропередач, одинокие деревья, вышки и т.п)</li> <li>- Укрытие от грозы под транспортными средствами, с/х машинами, в копнах и скирдах</li> <li>- Хождение или бег во время грозы</li> <li>- Разведение костра</li> <li>- Использование сотового телефона</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Отсутствие НПА по охране труда при выполнении работ в сложных метеоусловиях</li> <li>- В инструкциях по виду работ недостаточно определен или отсутствует порядок действий работника во время грозы</li> <li>- Несвоевременный или недостаточный инструктаж по ТБ</li> <li>- Отсутствие пересмотра инструкций по результатам расследования НС</li> <li>- Недостаточный контроль за соблюдением трудовой дисциплины</li> <li>- Отсутствие обеспечения защитным и предохранительным оборудованием</li> <li>- Необеспечение СИЗ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Неинформированность</li> <li>- Отсутствие знаний о поведении во время грозы</li> <li>- Неправильное отношение</li> <li>- Отсутствие координации в действиях</li> <li>- Медленная реакция</li> <li>- Невнимательность</li> <li>- Нервозность</li> <li>- Отсутствие эмоциональной стабильности</li> <li>- Темперамент</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Крайняя степень усталости</li> <li>- Плохое зрение</li> <li>- Глухота</li> <li>- Недостаточная физическая форма для данного вида работ</li> <li>- Употребление алкоголя</li> <li>- Абстинентный синдром</li> </ul>

Таблица 2. Элементы объединенной модели домино для расследования НС, связанных с воздействием опасного природного фактора (молнии)

№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Социальная среда: – недостаточное образование; – устаревшие знания; – следование традициям; – пренебрежительное отношение к опасным природным явлениям Недостатки управления (стратегические ошибки) Не разработаны нормативные документы по охране труда: – при летне-пастбищном содержании скота; – при выполнении работ в сложных метеорологических условиях	Недостатки человека: – недоверие; – недисциплинированность; – упрямство; – безрассудство Ошибки управления (тактические ошибки): – игнорирование опасности, исходящей от опасных природных факторов; – недостаточная проработка механизма действий работающего во время ухудшения погодных условий Дефекты оборудования Отсутствие или неисправность специальных способов и средств защиты работающих: – молниезащиты; – первичных средств пожаротушения; – СИЗ; – аптечек первой помощи	Опасные действия, тактические ошибки, непосредственные причины: – нахождение на открытой местности во время грозовых проявлений без средств защиты Опасные условия: – использование неподходящих укрытий во время ухудшения погодных условий или ненадлежащих средств защиты	Авария: – разряд молнии	Травма (НС): – электротравма (поражение атмосферным электричеством); – термические травмы

1) если бы рабочий не пренебрег сообщением (или признаками) ухудшения погодных условий, то его не было бы на поле во время грозы;

2) если бы рабочий воспользовался укрытием, то его бы не было на открытой местности;

3) если бы рабочий соблюдал меры безопасности во время грозовых проявлений, он не был бы поражен разрядом молнии.

Дерево событий и исходов для НС вследствие удара молнии выглядит следующим образом (рис. 2).

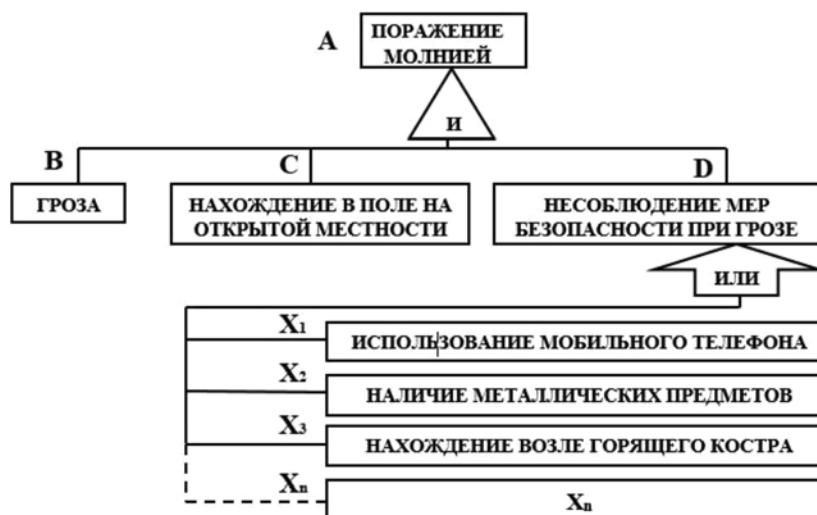


Рис. 2. Дерево событий и исходов

Таким образом, комбинацию причин (А), приведших к НС, можно описать выражением с использованием логических операторов «И» и «ИЛИ» (1):

$$A = B \wedge C \wedge D, \quad (1)$$

$$D = X_1 \vee X_2 \vee X_3 \vee \dots \vee X_n = \bigvee_{i=1}^n X_n,$$

где  $\wedge$  – знак логического умножения (конъюнкции);  $\vee$  – знак логического сложения (дизъюнкции);  $n$  – количество нарушений мер безопасности;  $i$  – порядковый номер нарушения.

Следовательно,

$$A = B \wedge C \wedge \left( \bigvee_{i=1}^n X_n \right).$$

В случаях поражения молнией работников во время выпаса скота присутствует фактор случайности отрицательной направленности, который способствует возникновению НС ( $E^-$ ), если фактор случайности положительный ( $E^+$ ), то травма не произойдет даже при наличии всех причин, приводящих к травмированию.

Ситуационную модель НС при поражении грозовыми разрядами животноводов на летних пастбищах (2) можно представить следующим образом:

$$(A \wedge E^-) \rightarrow F, \quad (2)$$

где  $E^-$  – фактор случайности отрицательной направленности;  $F$  – несчастный случай;  $\rightarrow$  – знак импликации («если ..., то»).

В практике фактор случайности не учитывается и ситуационная модель НС (3):

$$A \rightarrow F \quad (3)$$

### Выводы

В результате теоретических исследований обоснована модель расследования НС со смертельным исходом в результате воздействия опасного природного фактора – удара молнии, построена ситуационная модель НС, позволяющая определить закономерности возникновения несчастных случаев с животноводами при летне-пастбищном содержании скота:

1) к НС приводит только определенная последовательность опасных действий, нарушений мер безопасности и присутствие фактора случайности отрицательной направленности; для решения практических задач фактор случайности исключается из ситуационной модели;

2) исключение одной из основных причин делает невозможным травмирование человека;

3) количество причин, сопутствующих возникновению НС, может быть различно – от одной и более;

4) в различных НС может присутствовать аналогичная комбинация причин НС.

На основании представленной ситуационной модели причин НС возможна разработка и проведение корректирующих мероприятий (комплекса мероприятий) с целью предотвращения повторения аналогичных несчастных случаев. Важно учитывать весь комплекс производственных факторов (технологический процесс (оборудование), особенности животных, производственную среду), влияющих на работника, и, исходя из этого, выбирать средства защиты. Приоритетом является разработка мер безопасности и четкого алгоритма действий работника в сложных метеоусловиях, а также разработка эффективных мер предотвращения травмирования.

### Список используемых источников

1. Департамент государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Информационные материалы к Всемирному дню охраны труда «Безопасная и здоровая рабочая



среда – основополагающий принцип и право в сфере труда». – Режим доступа: <http://git.gov.by/ru/article/informacionnye-materialy-k-vsemirnomu-dnu-ohrany-truda-bezopasnaa-i-zdorovaa-rabocaa-sreda-osnovopolagausij-princip-i-pravo-v-sfere-truda>. – Дата доступа: 02.04.2023.

2. Андруш, В. Г. Повышение производственной безопасности при летне-пастбищном содержании скота / В. Г. Андруш, Е. В. Шелегова, Т. И. Ханда // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. / редкол.: В. В. Гусаров (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 19–33.

3. Клинский институт охраны и условий труда [Электронный ресурс]: Травматизм в животноводстве. Как снизить риски травмирования работников? – Режим доступа: <https://www.kiout.ru/info/publish/30483>. – Дата доступа: 15.03.2023.

4. Федорчук, А. И. Снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в АПК / А. И. Федорчук, В. Г. Андруш. – Минск: БГАТУ, 2012. – 244 с.

5. Heinrich, H. W. Industrial accident prevention: a scientific approach / H. W. Heinrich. – 1<sup>st</sup> ed. – New York: McGraw-Hill, 1931.

6. Reason J., Hollnagel E., Paries J. Revisiting the «Swiss cheese» model of accidents / EEC Note No. 13/06. – Brétigny-sur-Orge, France: EUROCONTROL Experimental Centre, 2006.

7. The development history of accident causation models in the past 100 years: 24Model, a more modern accident causation model / G. Fu [et al.] // Process Safety and Environmental Protection, 2020.

8. Gordon, J. E. The epidemiology of accidents / J. E. Gordon // American Journal of Public Health. – 1949. – № 4. – P. 504–515.

9. Leveson, N. G. A systems approach to risk management through leading safety indicators / N. G. Leveson // Reliability Engineering and System Safety, 2015. DOI: 10.1016/j.res.2014.10.008.

10. Shappell, S. A. Applying reason: the human factors analysis and classification system (HFACS) / S. A. Shappell, D. A. Wiegmann // Human Factors, 2001.

11. Охрана труда в Беларуси [Электронный ресурс]: Информационное письмо Департамента государственной инспекции труда «О профилактике производственного травматизма при летне-пастбищном содержании скота» от 14.05.2011. – Режим доступа: <http://new.gramota.ru/spravka/letters/85-rubric-79>. – Дата доступа: 22.03.2023.

12. Андруш, В. Г. О профилактике травматизма при летне-пастбищном содержании скота / В. Г. Андруш, Е. В. Шелегова, И. М. Рыжук // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сб. статей VI МНПК. Минск, 30–31 марта 2023 г. / под общ. ред.: В. Я. Груданова. – Минск : БГАТУ, 2023. – С. 316–319.

13. Perrow, C. Normal Accidents: Living with High-risk Technologies / C. Perrow. – Princeton: Princeton University Press, 1999.

14. Hollnagel, E. Investigation as an impediment to learning / E. Hollnagel // Remaining Sensitive to the Possibility of Failure. Resilience Engineering Series. – Aldershot: Ashgate, 2008.

15. Bird, F. E. Loss Control Management / F. E. Bird, R. G. Loftus. – Atlanta: Intl Loss Control Inst, 1976.