

В. Г. Андруш¹, Е. В. Шелегова¹, В. И. Володкевич², В. А. Быстрова³

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

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

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: info@belagromech.by

³УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: veronikabystrova94@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГРЕССИОННОЙ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСК-ФАКТОРОВ ТРАВМИРОВАНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения методов математического моделирования для определения риск-факторов производственного травматизма в животноводческой отрасли сельского хозяйства с целью воздействия на них и снижения общего количества несчастных случаев со смертельным исходом.

Ключевые слова: животноводческая отрасль, несчастный случай со смертельным исходом, факторы риска, виды происшествий, вероятность травмирования, корреляционно-регрессионный анализ.

V. G. Andrush¹, E. V. Shelegova¹, V. I. Volodkevich², V. A. Bystrova³

¹UI “Belarusian State Agrarian Technical University”

Minsk, Republic of Belarus

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

²RUE “SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization”

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: info@belagromech.by

³UI “Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics”

E-mail: veronikabystrova94@gmail.com

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

Abstract. This article explores the potential application of mathematical modeling methods to identify risk factors for occupational injuries in the livestock industry of the agricultural sector. The goal is to influence these factors to reduce the overall number of workplace accidents, including fatal incidents.

Keywords: livestock industry, fatal workplace accident, risk factors, types of incidents, injury probability, correlation-regression analysis.

Введение

Условия содержания животных включают контакт с техникой, оборудованием и обслуживающим персоналом, с другими животными, а также воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды. Уменьшить травматизм животных и обслуживающего персонала позволяют превентивные мероприятия, направленные на предупреждение аварийных ситуаций – технические, организационные и обучающие меры для работников. Технические меры предполагают модернизацию оборудования, автоматизацию процессов и внедрение эффективных средств индивидуальной защиты. Организационные меры включают разработку новых технологий содержания животных с учетом их физиологических потребностей, стандартов безопасности, контроль

за соблюдением норм охраны труда и создание систем мониторинга рисков. Обучающие мероприятия способствуют повышению квалификации работников, формированию культуры здоровьесбережения работников и животных, осознанию потенциальных угроз.

Понятия производственного травматизма и производственных рисков тесно связаны между собой: травматизм – это следствие реализации рисков на практике. В соответствии с Законом Республики Беларусь «Об охране труда» работодатель обязан обеспечить идентификацию опасностей и оценку профессиональных рисков, определить меры по управлению рисками и провести анализ их результативности по любой из подходящих для данного конкретного предприятия методик.

Из-за неопределенности в нормативных документах методов оценки риска широкое распространение получили экспертные методы благодаря своей малозатратности и простоте в использовании [1]. Данные методы предполагают сбор и изучение оценок, сделанных квалифицированными специалистами на основе своих знаний, опыта и интуиции.

В ходе разработки и сертификации систем управления охраной труда [2] в 90 % случаев организации используют матричный метод оценки риска в системе координат «вероятность события – последствия события». Данный метод является простым в применении, но не полностью объективным.

Одним из распространенных является метод использования в анализе рисков различных диаграмм, которые позволяют визуализировать набор данных. Например, диаграмма Исикавы, преимущества которой – наглядность представления результатов, простота проектирования и понимания. А недостатки – субъективная интерпретация анализа и отсутствие логических правил проверки [3].

Альтернативным методом оценки профессионального риска является финская система Элмери, в которой уровень безопасности условий труда оценивается по индексу безопасности (индексу Элмери), для определения которого эксперты на основании инструкции заполняют анкету по принципу «хорошо» или «плохо». Недостаток – равнозначность всех факторов [4]. Российским институтом безопасности труда система Элмери была усовершенствована и преобразована в индекс ОВР. Недостаток системы ОВР такой же, как и у системы Элмери: расчет индекса не связан с оценкой рисков на конкретном рабочем месте [5].

Авторы в исследованиях [6–8] применяют метод причинно-следственных связей – модель «швейцарского сыра» (SCM); модель выявления, предвидения и предотвращения опасностей (SHIPP). В работах выявляются причины аварий, акцентируется внимание на определенных факторах несчастных случаев, которые следует учесть в будущем, определяется примерный ущерб.

Т. К. Испанбетов при анализе случаев производственного травматизма использует расчетные коэффициенты частоты травматизма и тяжести травматизма; коэффициент общего травматизма; коэффициент, определяющий процент несчастных случаев с выходом на инвалидность и со смертельным исходом [9]. На основе полученных показателей автор делает выводы о динамике травматизма и его параметров.

При анализе рисков распространено применение математического инструментария, позволяющего определить числовые характеристики рисков событий. Среди наиболее часто встречающихся инструментов математического моделирования при исследовании промышленного риска можно назвать методы корреляционно-регрессионного анализа, эконометрики и имитационного моделирования [10–13]. Например, в работе [11] риск травматизма рассматривается с помощью аддитивной модели, включающей риск аварийности, риск из-за выполнения работ повышенной опасности; риск из-за неблагоприятных условий труда; риск из-за отсутствия или несоответствия средств индивидуальной защиты. Также существуют модели оценки профессиональной пригодности сотрудников как риск-фактора травматизма.

В работе [12] использованы статистические данные травматизма в растениеводческой отрасли АПК для обоснования количественных показателей уровней производственного риска. В исследовании [13] на основе дисперсионного анализа статистических данных разработана математическая модель, устанавливающая показатели безопасности труда в зависимости от оперативности выполнения оператором управленческих воздействий при устранении отказов кормоуборочного комбайна.

Таким образом, современные методы оценки рисков включают сбор и обработку статистических данных о несчастных случаях, моделирование потенциально опасных ситуаций и применение математических методов прогнозирования. При этом важно учитывать, что производственный травматизм в животноводстве затрагивает не только здоровье и безопасность работников, но и напрямую влияет на состояние и сохранность сельскохозяйственных животных.

В качестве яркого примера можно привести случай, произошедший в мае 2025 г. в Гомельской области, где в результате грозы и удара молнии было зафиксировано не только травмирование животновода, но и гибель 71 коровы, которые находились на свободном выпасе. Этот инцидент демонстрирует необходимость учета комплексных производственных рисков, охватывающих как человеческий, так и животный факторы [14].

Таким образом, моделирование рисков и прогнозирование травматизма в животноводстве должно охватывать широкий спектр угроз – от условий труда до факторов, влияющих на безопасность животных, что особенно актуально для обеспечения устойчивости и эффективности всей отрасли.

Основная часть

В вопросе производственного травматизма в аграрном секторе Республики Беларусь с 2010 г. наметилась положительная динамика в связи с модернизацией и сокращением численности работников, но в некоторых отраслях уровень несчастных случаев на производстве остается достаточно высоким.

Данные по травматизму в животноводческой отрасли показали увеличение количества несчастных случаев с 2010 по 2022 гг. (рисунок 1), вызванных различными факторами, такими как рост поголовья скота, изменение уровня квалификации, технологии производства и т. п. Выявление риск-факторов и их анализ позволят сформировать модель зависимости травматизма работников животноводческой отрасли от различных негативных явлений, характерных для данной отрасли.

Основными факторами смертельного травматизма в животноводстве являются (таблица 1): X_1 – воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов; X_2 – дорожно-транспортные происшествия, наезд транспортным средством; X_3 – падение потерпевшего с высоты, во время передвижения, в ямы, колодцы, траншеи и т. д.; X_4 – падение, обрушение предметов, материала, земли и т. д.; X_5 – воздействие экстремальных температур, пожар, взрыв; X_6 – асфиксия; X_7 – повреждения в результате контакта с животным; X_8 – прочие (отравление газом, разбойное

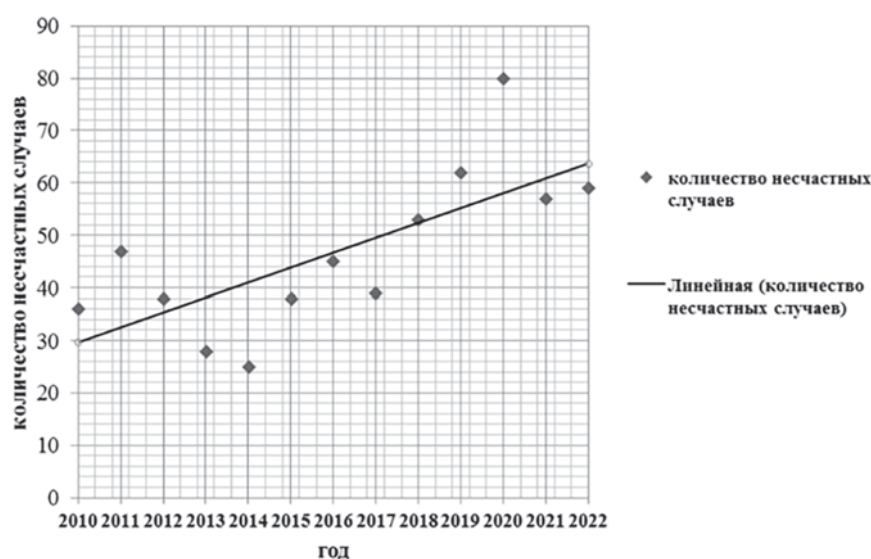


Рисунок 1 – Количество несчастных случаев в животноводстве в 2010–2022 гг.

нападение); X_9 – поражение электрическим током; X_{10} – поражение молнией. Y – всего несчастных случаев (показатель Y может включать кроме вышеперечисленных факторов несчастные случаи со смертельным исходом по иным причинам, которые в данной работе не рассматриваются).

Вероятность реализации факторов смертельного травматизма (1, 2) с целью выявления наиболее и наименее вероятных причин несчастных случаев со смертельным исходом в животноводстве представлена в таблице 2.

Таблица 1 – Количество несчастных случаев со смертельным исходом в зависимости от вида происшествия (статистическая информация)

Год	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	Y
2010	3,00	2,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	8
2011	1,00	3,00	5,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	11
2012	4,00	2,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	13
2013	0,00	0,00	2,00	1,00	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	7
2014	2,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	6
2015	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5
2016	2,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	6
2017	2,00	1,00	2,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	6
2018	3,00	1,00	2,00	1,00	0,00	1,00	2,00	0,00	0,00	0,00	10
2019	2,00	1,00	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	10
2020	5,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	4,00	1,00	0,00	0,00	13
2021	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	3,00	0,00	2,00	0,00	9
2022	1,00	3,00	5,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	0,00	0,00	12
2023	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	12

Таблица 2 – Таблица вероятностей реализации случаев травматизма по видам происшествий

Год	$X_1, \%$	$X_2, \%$	$X_3, \%$	$X_4, \%$	$X_5, \%$	$X_6, \%$	$X_7, \%$	$X_8, \%$	$X_9, \%$	$X_{10}, \%$
2010	37,5	25,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5
2011	9,1	27,3	45,5	0,0	9,1	0,0	9,1	0,0	0,0	9,1
2012	30,8	15,4	30,8	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	0,0	7,7
2013	0,0	0,0	28,6	14,3	0,0	0,0	28,6	0,0	28,6	0,0
2014	33,3	0,0	16,7	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7
2015	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2016	33,3	16,7	0,0	16,7	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7
2017	33,3	16,7	33,3	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0
2018	30,0	10,0	20,0	10,0	0,0	10,0	20,0	0,0	0,0	0,0
2019	20,0	10,0	20,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0
2020	38,5	15,4	0,0	7,7	0,0	0,0	30,8	7,7	0,0	0,0
2021	11,1	11,1	11,1	11,1	0,0	0,0	33,3	0,0	22,2	0,0
2022	8,3	25,0	41,7	0,0	0,0	0,0	8,3	16,7	0,0	0,0
2023	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	8,3
Среднее, %	20,4	13,7	17,7	8,0	1,8	0,7	11,1	2,3	3,6	6,5

$$\rho(X_{ij}) = \frac{X_{ij}}{Y_i} 100 \%, \quad (1)$$

$$\overline{\rho(X)}_i = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n}, \quad (2)$$

где n – количество наблюдений (лет).

Проведем проверку зависимости Y от факторов X_i (таблица 3), рассчитав для этого коэффициент парной корреляции (3) [15]

$$r_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)(Y_j - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 \sum_{j=1}^n (Y_j - \bar{Y})^2}}. \quad (3)$$

Таблица 3 – Значения парной корреляции r_{YX_i}

Переменная	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
r_{YX_i}	0,38	0,50	0,43	-0,23	-0,10	0,09	0,36	0,60	-0,17	0,12

Факторы X_4 , X_5 , X_9 в модели использоваться не будут, так как значение коэффициента парной корреляции для них отрицательное (обратная зависимость), значение фактора X_6 близко к нулю и травматизм является маловероятной ситуацией (таблица 2).

Проведем проверку переменных $X_1, \dots, X_{10}$ на мультиколлинеарность (таблица 4).

Таблица 4 – Значения парной корреляции $r_{X_i-X_j}$

Пары	X_1	X_2	X_3	X_7	X_8	X_{10}
X_1	1	–	–	–	–	–
X_2	0,34	1	–	–	–	–
X_3	-0,04	0,60	1	–	–	–
X_7	0,21	0,04	-0,09	1	–	–
X_8	0,30	0,61	0,50	0,17	1	–
X_{10}	0,09	-0,03	0,02	-0,62	-0,2504	1

Высокая коррелированность наблюдается между парами X_2 и X_3 , X_2 и X_8 , X_3 и X_8 (прямая зависимость) X_7 и X_{10} (обратная зависимость).

Таким образом, для построения модели травматизма в животноводческой отрасли будут использоваться следующие случаи смертельного травматизма: X_2 , X_3 , X_7 , X_8 , X_{10} .

ВЫВОД ИТОГОВ								
Регрессионная статистика								
Множественный R	0,873105777							
R-квадрат	0,792313699							
Нормированный R-к	0,61375976							
Стандартная ошибка	1,755401128							
Наблюдения	14							
Дисперсионный анализ								
	df	SS	MS	F	Значимость F			
Регрессия	5	79,06282074	15,81256415	5,131561687	0,021007156			
Остаток	8	24,65146497	3,081433122					
Итого	13	103,7142857						
Коэффициенты стандартной ошибки статистика								
У-пересечение	4,306938837	1,259534145	3,419469693	0,009095061	1,40244789	7,21143	1,402448	7,211429785
Переменная X 2	0,199212911	0,694714647	0,286755018	0,781586451	-1,402801937	1,801228	-1,4028	1,801227759
Переменная X 3	0,283778119	0,349084578	0,812920812	0,439783593	-0,521212362	1,088769	-0,52121	1,0887686
Переменная X 7	1,583052835	0,493306217	3,20906727	0,012441714	0,445486659	2,720619	0,445487	2,720619012
Переменная X 8	2,384333692	1,083281259	2,201029209	0,058899301	-0,11371737	4,882385	-0,11372	4,882384754
Переменная X 10	3,002902717	0,983562227	3,053088696	0,015746986	0,734804154	5,271001	0,734804	5,271001279

Рисунок 2 – Регрессионный анализ в приложении MS Excel

Для построения регрессионной модели используется приложение MS Excel (рисунок 2).

В полученной модели значимость $F = 0,021007156$, так как значение меньше 0,05 – модель значима.

Степень точности описания моделью процесса – R -квадрат = 0,792313699, так как значение стремится к диапазону от 0,8 до 0,95, можно говорить об удовлетворительной аппроксимации и модель в целом адекватно описывает зависимость травматизма в животноводческой отрасли от представленных факторов смертельного травматизма.

Коэффициенты:

$a_1 = X_2 = 0,2$; P -значение = 0,78; так как $p > 0,05$ влияние не достоверно;

$a_2 = X_3 = 0,28$; P -значение = 0,44; так как $p > 0,05$ влияние не достоверно;

$a_3 = X_7 = 1,58$; P -значение = 0,01; так как $p < 0,05$ влияние достоверно;

$a_4 = X_8 = 2,38$; P -значение = 0,06; так как $p > 0,05$ влияние не достоверно;

$a_6 = X_{10} = 3,80$; P -значение = 0,02; так как $p < 0,05$ влияние достоверно.

Таким образом, выражение зависимости уровня травматизма в животноводческой отрасли от причин травматизма будет выглядеть следующим образом (4):

$$Y = 4,3 + 1,58X_7 + 3,0X_{10}. \quad (4)$$

Для выполнения анализа чувствительности дважды рассчитано значение выходного параметра: при номинальном значении входного параметра и при увеличенном (уменьшенном) значении на 5 или 10 % [16].

В исследуемом диапазоне возможно значение $X_7 = 5$. Подставив это значение в уравнение (4), получим значение $Y(X_7) = 15,2$. Затем произведем расчет выходной переменной для увеличенного на 5 % значения входной переменной $X_7(1,05X_7) = 5,25$; $Y(1,05X_7) = 15,6$, выходная переменная при этом изменится на 2,6 %.

Аналогичным образом рассчитаем значение выходной переменной при $X_{10} = 5$; $Y(X_{10}) = 20,8$. Для увеличенного на 5 % значения входной переменной $X_{10}(1,05X_{10}) = 5,25$; $Y(1,05X_{10}) = 21,6$. Выходная переменная при этом изменится на 3,8 %.

Следовательно, модель наиболее чувствительна к изменениям параметра X_{10} (поражение молнией), что говорит о возможности воздействия на данный фактор организационными (дополнительное обучение, проверка знаний, повышенные требования к средствам защиты работников, потенциально подверженных данному фактору риска) и инженерно-техническими решениями с целью максимально эффективного снижения показателя травматизма.

Выводы

В работе проведен статистический анализ травматизма животноводческой отрасли сельского хозяйства, показана необходимость проведения мероприятий по его снижению. Выявлены наиболее вероятные риск-факторы для данной отрасли. Разработана математическая модель, описывающая взаимосвязь между риск-факторами и числом несчастных случаев со смертельным исходом. Проведен анализ чувствительности модели и выявлены факторы (поражение молнией и повреждения в результате контакта с животным), оказывающие влияние на общее количество случаев производственного травматизма со смертельным исходом в животноводческой отрасли.

Для воздействия на фактор поражения молнией можно предложить следующие превентивные мероприятия:

- введение системы мониторинга погодных условий для своевременного получения штормовых предупреждений и системы оповещения;
- разработка инструкций по охране труда, в которых должны учитываться все вредные производственные факторы, в том числе и работа в сложных метеорологических условиях (ливни, грозы, шквалистый ветер);
- контроль наличия, состояния и использования средств индивидуальной защиты;
- обучение работников действиям во время ухудшения погодных условий, поиску безопасных укрытий во время грозовых проявлений, приемам оказания первой помощи при поражении молнией;

– проектирование и создание технических решений молниезащиты, позволяющих обезопасить работника, животных и сооружения от воздействия на них грозовых проявлений, вызванных прямым ударом молнии и ее вторичными проявлениями.

В целом анализ данных о несчастных случаях, моделирование и прогнозирование потенциально опасных ситуаций с использованием математических методов позволяют выявить закономерности и разработать эффективные стратегии минимизации рисков. Применение математической модели, учитывающей влияние различных факторов на уровень травматизма, способствует принятию обоснованных решений и повышению безопасности труда в сельском хозяйстве.

Особое внимание следует уделить специфике животноводства, где производственный травматизм охватывает не только работников, но и животных, являющихся основным ресурсом отрасли. Потери поголовья в результате аварийных ситуаций, таких как поражение молнией, не только несут экономический ущерб, но и могут иметь долгосрочные последствия для устойчивости хозяйства. Учет таких рисков в рамках комплексного подхода к здоровьесбережению позволяет обеспечить более полную защиту и работников, и животных, а также повысить общую эффективность животноводческих организаций.

Список использованных источников

1. Старовойтов, И. Г. Методы оценки риска в системе управления охраной труда / И. Г. Старовойтов, В. А. Бирюк, Ю. А. Булавка // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2. – № 1. – С. 5–15.
2. Системы управления охраной труда. Порядок проведения работ по оценке рисков в области охраны труда: метод. рекомендации. – Введ. 19.06.06. – Мн. : БелГИСС, 2007. – 13 с.
3. Аралов, Е. С. Влияние вредных факторов на организм человека в нефтяной и газовой промышленности / Е. С. Аралов, А. А. Лобачева, А. И. Ломанцова // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2019. – № 4 (17). – С. 34–38.
4. Пособие по наблюдению за условиями труда на рабочем месте в промышленности. Система Элмери / Х. Лайтинен, П.-Л. Раса, Т. Ланкинен [и др.]. – Хельсинки : Институт профессионального здравоохранения Финляндии, 2000. – 24 с.
5. Ефремова, О. С. Профессиональный риск. Оценка и определение : практ. пособие / О. С. Ефремова. – М. : Альфа-Пресс, 2010. – 336 с.
6. The development history of accident causation models in the past 100 years: 24Model, a more modern accident causation model / Fu G., Xie X., Jia Q. [et al.] // Process Safety and Environmental Protection. – 2020.
7. Выбор наиболее перспективного решения летнего содержания скота в условиях современных молочно-товарных комплексов / В. Г. Андруш, Т. В. Молош, С. А. Корчик [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2024. – № 1 (161). – Горки, БГСХА. – С. 3–8.
8. Обоснование модели расследования несчастных случаев в животноводстве, вызванных действием факторов природного характера / В. Г. Андруш, И. В. Мицкевич, Е. В. Шелегова [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. – РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн. : Бел. наука, 2024. – Вып. 57. – С. 181–187.
9. Испанбетов, Т. К. Вопросы методологии оценки производственных рисков на предприятиях нефтегазовой отрасли / Т. К. Испанбетов // Актуальные проблемы экономики и управления на предприятиях машиностроения, нефтяной и газовой промышленности в условиях инновационно-ориентированной экономики. – 2014. – Т. 1. – С. 60–65.
10. Левша, М. В. Моделирование и оценка рисков промышленной безопасности предприятий нефтегазовой сферы / М. В. Левша // Colloquium-journal. – 2020. – № 8–1 (60). – С. 43–45.
11. Мельникова, Д. А. Методика выбора наиболее эффективных мероприятий по устранению профессиональных рисков на рабочих местах опасных производственных объектов / Д. А. Мельникова, М. А. Кривова, Н. Г. Яговкин // Проблема сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2014. – № 1 (95). – С. 119–128.
12. Мисун, Ал-й Л. Обеспечение безопасной эксплуатации технических средств в условиях изменяющейся природно-техногенной среды растениеводства путем управления производственным риском : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01 / Мисун Алексей Леонидович; Полоцк. гос. ун-т имени Е. Полоцкой, 2023. – 24 с. – URL: <https://vak.gov.by/sites/default/files/2023-.pdf>. (дата обращения: 09.02.2025).
13. Мисун, Ал-р Л. Повышение безопасности труда операторов кормоуборочных комбайнов снижением риска травмирования при устранении технологических отказов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01 / Мисун Александр Леонидович; Полоцкий гос. ун-т имени Е. Полоцкой, 2022. – URL: <https://www.vak.gov.by/sites/default/files/2022.pdf> (дата обращения: 09.02.2025).
14. Трагедия в Гомельской области: молния убила 71 корову и ранила пастуха : инф. портал. – Гродно, 2026. – URL: <https://newgrodno.by/incidents/tragediya-v-gomelskoj-oblasti-molniya-ubila-71-korovu-i-ranila-pastuha/> (дата доступа: 06.05.2025).
15. Карпович, В. Ф. Экономические нормативы обеспечения эффективного ведения сельского хозяйства на инновационной основе / В. Ф. Карпович, Е. П. Макуценя, К. М. Жевнерович // Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации. – Мн., 2022. – С. 71–75.
16. Ленъкова, Р. К. Моделирование в социальных и экономических системах : пособие / Р. К. Ленъкова, Е. В. Карачевская. – Горки : БГСХА, 2022. – 86 с.