УДК 658.382.3

Ю.Д. ШЛИОНСКАЯ

**РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Аннотация.** *Приведены результаты исследования использования риск-ориентированного подхода в системе организации электробезопасности при эксплуатации электроустановок в агропромышленном комплексе. Определена цель анализа и прогнозирования риска электротравмирования. Целью работы является обоснование риск-ориентированного подхода при организации системы электробезопасности на предприятиях агропромышленного комплекса для оптимизации затрат на охрану труда. В результате исследования было выявлено, что получаемая выгода от принимаемого в системе электробезопасности решения не всегда совпадает с ожидаемой, боле того, она практически всегда отличается от нее, поэтому, кроме характеристики математического ожидания необходимо оценивать и характеристики рассеяния – дисперсию и среднее квадратичное отклонение, первая из которых при стремлении меры несклонности работника к риску (при k→ 0) совпадает с дисперсией функции выгодности.*

**Ключевые слова:** *риск, система электробезопасности, агропромышленный комплекс.*

**Ведение**

Система электроснабжения сельского хозяйства, несмотря на не самую большую энергоемкость, является одной из самых насыщенных электрооборудованием отраслью народного хозяйства. В агропромышленном комплексе (АПК) эксплуатируются более 2300 тыс. км линий электропередач, более 500 тыс. трансформаторов суммарной мощностью свыше 90 млн. кВ\*А. Количество находящихся в сельскохозяйственном производстве электродвигателей превышает 20 млн. Общий объем электроэнергии, потребляемой сельским хозяйством, превышает 77 млрд. кВт\*ч. Специфической особенность системы электроснабжения и электропотребления сельского хозяйства является большое количество низковольтного электрооборудования, что, несомненно, содержит в себе огромную потенциальную опасность поражения электрическим током не только людей, но и сельскохозяйственных животных. Во многом основными причинами как аварийности, так и электротравматизма на объектах АПК выступают: изношенность электрооборудования и сетей (порядка 30%), несовершенство нормативно-правовой базы и несоблюдение правил ПТЭЭП и ПТБ (порядка 40%), а также неквалифицированность обслуживающего персонала и неэлектротехнических работников [1].

Законодательно установлен ряд обязательных мероприятий, которые должны быть предусмотрены при эксплуатации опасных объектов. При этом необходимо постоянно поддерживать ведение специальной декларации, неотъемлемой частью которой является оценка и прогноз риска [2]. Как правило, теория риск-ориентированной системы безопасности, например, изложенные в работах [3, 4] касается, прежде всего, опасных производств химического и ядерного профиля. В то же время следует признать, что в настоящее время проводится мало исследований по проблеме риск-ориентированного анализа электробезопасности в электроустановках АПК.

Судя по увеличившемуся количеству публикаций, в последнее время значительно возрос интерес к вопросу влияния охраны труда и электробезопасности на экономические показатели работы как промышленных предприятий, так и предприятий агропромышленного комплекса [5,6]. Так в некоторых работах [7] предложено проводить сопоставительный анализ суммарных затрат на мероприятия по электробезопасности и величины ожидаемого ущерба, связанного с невыполнением части мероприятий. Была выведена формула (1), которая определяет зависимость суммарного ущерба (УО) от состояния ряда факторов *Х*i:

, (1)

где УО – ущерб по охране труда,

*X*1, *X*2 и *X*3 – факторы, отражающие состояние производственного оборудования, условия труда на рабочих местах и состояние безопасности технологических процессов соответственно.

В математической модели (1) учитываются только определенные факторы: состояние производственного оборудования, условия труда на рабочих местах и состояние безопасности технологических процессов (факторы *Х*1, *Х*2, *Х*3). В [8] и в ряде других работ приведены положения и методы по определению экономической эффективности от мероприятий по улучшению условий труда. При этом используются методики определения различных коэффициентов уровня экономического ущерба в зависимости от эффективности выполнения мероприятий по электробезопасности. Однако даже на уровне инженерно-технических работников, имеющих прямое отношение к системе электробезопасности, отсутствует понимание ее влияния на основные экономические показатели работы агропромышленного предприятия, хотя имеются исследования, направленные, к примеру, на определение влияния технико-экономических показателей АПК на частоту электротравматизма, алгоритмы и программы регрессионного анализа производственного электротравматизма [9].

**Цель работы.** Обосновать риск-ориентированный подход при организации системы электробезопасности на предприятиях агропромышленного комплекса для оптимизации затрат на охрану труда.

**Материалы и результаты исследования.** Статистика электротравматизма дает ясное представление, что для уменьшения уровня электротравмирования и снижения отрицательного влияния приведенных выше факторов [10], а также для реализации государственной политики в сфере охраны труда в агропромышленном комплексе необходимо внедрять научно обоснованный подход к управлению системой электробезопасности при эксплуатации электрооборудования и постоянно совершенствовать экономическую оценку влияния на эффективность работы предприятий расходуемых на мероприятия по электробезопасности средств.

Для этого требуется отработать и внедрить комплекс научно обоснованных современных методик и рекомендаций по экономическому управлению системой электробезопасности на АПК. Работодатели ориентированы на эффективное использование трудовых ресурсов. Этому способствует внедрение на предприятиях системы планирования и экономического стимулирования. Для улучшения показателей деятельности предприятия необходимо производить анализ производственной обстановки. При этом в качестве завершения каждого такого анализа должно выступать обобщение выявленных в ходе обследования источников потерь трудоспособности работников. Чтобы в будущем избежать наступления ситуаций, приводящих к травмированию и потере сотрудниками трудоспособности, необходимо правильно устанавливать причины, из-за которых происходит нарушение здоровья людей. Это послужит появлению возможности по своевременному принятию необходимых для устранения источников трудовых потерь и улучшения условий труда мер. К негативным последствиям производственного травматизма следует относить не только моральный и социальный ущербы, но и значительный экономический урон, который наносится самому предприятию. В связи с этим представляется важной и актуальной для современных производств усовершенствованная методика, позволяющая определять размер экономических последствий для компании от наступления нетрудоспособности кого-то из сотрудников. Все экономические последствия, которые возникают в связи с наступлением нетрудоспособности, в зависимости от того, кто несет затраты, согласно [11], делятся на две группы: – общегосударственные затраты и сборы; – потери и ущерб производственных предприятий.

Основную задачу, которую необходимо решать в процессе того, как производится планирование и осуществление мероприятий, направленных на соблюдение мер по электробезопасности, можно сформулировать как поиск на всех уровнях управления ответа на два вопроса – какая сумма средств должна выделяться на эти цели и каким образом эти финансовые ресурсы необходимо распределять между различными направлениями деятельности чтобы был достигнут наибольший эффект от проведенных мероприятий? Объяснение такой формулировки вопросов заключается в том, что объем денежных средств, необходимых для финансирования затрат на многочисленные мероприятия по охране труда в том объеме, который позволил бы обеспечить полное устранение негативного воздействия на сотрудников опасных производственных факторов, слишком велик [12]. При этом такие издержки на охрану труда не только не целесообразны, но и представляются невозможными как для отдельных предприятий, так и для общества в целом. В связи с этим определять общий объем затрат на электробезопасность необходимо в каждом конкретном случае. Принимая решение, необходимо руководствоваться концепцией допустимого уровня риска несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве [13]. Сложность состоит в том, что уровень допустимого (приемлемого) риска существенно различается в странах (регионах) с неодинаково развитыми продуктивными силами. Поэтому возникает необходимость решения в каждом конкретном случае проблемы нахождения связи между уровнем риска, который может считаться приемлемым, и уровнем развития продуктивных сил общества.

Неготовность руководителей предприятий выделять средства на мероприятия по снижению уровня риска электротравматизма объясняется тем, что такое изъятие денег из оборота, в частности непосредственно из производства продукции, планируется в пользу финансирования действий, которые, казалось бы, не дадут в ближайшей перспективе выгоды. Однако необходимо взять во внимание результаты детального анализа, который показал, что эффект от такого решения заключается не в получении прибыли, а в снижении ущерба от аварий и несчастных случаев, происходящих на производстве, а также затрат, которые связаны с ростом количества заболеваний и смертности людей. То есть выбор оптимального способа производства, который обеспечивал бы наименьший уровень понесенных при производстве затрат на единицу продукции вместе с его максимальной социальной пригодностью, затруднителен без определения и учета экономического риска, существующего в системе электробезопасности.

В виду того, что профилактика является основным направлением эффективного влияния на уровень производственного электротравматизма, профессиональной заболеваемости и других производственных рисков, то от оптимального определения затрат на систему электробезопасности зависит эффективность всей системы охраны труда. Для этого необходимо провести сравнение различных вариантов распределения средств используя количественную оценку эффективности, что должно дать определенные гарантии выбора наиболее эффективных решений по вложению в мероприятия электробезопасности.

В этой связи представляется целесообразным исследование функции выгодности при принятии решений в системе электробезопасности работником, склонным, безразличным или несклонным к риску. Функция плотности выгодности при постоянной и отличной от нуля мере несклонности к риску *k ≠* 0 на некотором интервале [a, b], имеет вид:

, (2)

Имея значение *П*1(*х*) возможно определить математическое ожидание, которое будет отражать ожидаемый ущерб либо доход:

 (3)

Искомый интеграл возможно определить путем интегрирования его частей

 (4)

Посмотрим, как изменяется зависимость математического ожидания от величины *k*, при *k*→+ ∞ получим

 (5)

В результате мы видим, что при склонности работника к риску, предприятие будет нести большой ущерб.

А при k→0 получаем:

 (6)

Определить искомый предел возможно по правилу Лопиталя [14], продифференцировав числитель и знаменатель:

 (7)

Полученный результат говорит о том, что в случае, когда k→ 0 (действий работника нейтрального к риску) наиболее вероятная выгода от принятых решений по электробезопасности приближается к математическому ожиданию выгоды.

В случае же когда k→ – ∞ (работник абсолютно не склонен к каким бы то ни было проявлениям риска)

 (8)

Как видно из (8), в этом случае математическое ожидание выгоды приближается к максимально возможному. Несомненно, целесообразно расширить область исследования и определить влияние электротравматизма на структуру экономического ущерба. В этом случае сначала необходимо проанализировать суммарный скрытый ущерб, заключающийся в потере ожидаемой выгоды от дальнейшей работы травмированного работника, оценить вероятность потери мотивации профессионального совершенствования, а в более глобальном плане оценить расходы на социальную адаптацию, снижение доли работника в произведенном продукте.

**Заключение**

Выявлено, что получаемая выгода от принимаемого в системе электробезопасности решения не всегда совпадает с ожидаемой, а практически всегда отличается от нее, поэтому, кроме характеристики математического ожидания, необходимо оценивать и характеристики рассеяния – дисперсию и среднее квадратичное отклонение, первая из которых при стремлении меры несклонности работника к риску к нулю (при k→ 0) совпадает с дисперсией функции выгодности.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ерёмина, Т.В. Анализ риска электротравматизма при эксплуатации электроустановок [Текст] / Т.В. Еремина, А.Ф. Калинин, Д.С. Шурыгин // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – №1(14). – С. 73-76.

2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 11.06.2021) // принят Государственной думой 20 июня 1997 года.

3. Хамаза, А.А. Концепция внедрения риск-ориентированного подхода в контрольно-надзорную деятельность в области использования атомной энергии / А.А. Хамаза, А.В. Курындин, А.В. Белоусов, М.Ю. Орлов – М.: ФБУ «НТЦ ЯРБ», 2018 г. – 36 с. – Библиогр.: 57 назв., илл. (Препринт ФБУ «НТЦ ЯРБ»).

4. Хамаза, А.А. Методы оптимизации обеспечения безопасности на всех этапах жизненного цикла объектов ядерной техники : диссертация ... кандидата технических наук : 05.14.03, 08.00.05 / Хамаза Александр Александрович; [Место защиты: Нац. исслед. ядерный ун-т]. - Москва, 2016. - 143 с. : ил.

5. Хайруллина, Л.И. Экономические механизмы мероприятий по улучшению условий труда / Л.И. Хайруллина, В.С. Гасилов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11-1. – С. 208-212.

6. Еремина, Т.В. Метод оценки и оптимизации пожарной безопасности электроустановок производственных объектов / Т.В. Еремина, И.А. Шаныгин // Российская наука в современном мире : материалы XXIV Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 46-48.

7. Завьялов, А.М. Повышение безопасности труда на железнодорожном транспорте на основе снижения влияния человеческого фактора : диссертация ... доктора технических наук : 05.26.01 / Завьялов Антон Михайлович. - Москва, 2017. - 395 с.

8. Елькин, А.Б. Евсеева И.А. Оценка экономической эффективности мероприятий по безопасности и охране труда / А.Б. Елькин, И.А. Евсеева. // XXI век. Техносферная безопасность. 2021. – 6(2). – С.157-167. https://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-2-157-167

9. Гармаев А.Л. Повышение безопасности электрических мобильных машин на основе системного подхода : диссертация ... кандидата технических наук : 05.26.01 / Гармаев Алексей Леонидович. - Улан-Удэ, 2016. - 186 с.

10. Никольский, О.К. Моделирование техногенных рисков электроустановок производственных объектов на основе анализа человеко-машинных систем / О.К. Никольский, Ю.Д. Шлионская, И.А. Шаныгин // Электротехника. – 2018. – № 12. – С. 37-44.

11. Финансы : учебник / Ю.С. Долганова, Н.Ю. Исакова, Н.А. Истомина [и др.] ; под общ. ред. канд. экон. наук, доц. Н.Ю. Исаковой ; Мин-во обр. и науки РФ. — Екатеринбург : Изд‑во Урал. ун‑та, 2019. — 336 с.

12. Никольский О.К., Куликова Л.В., Шлионская Ю.Д. Основы оценки и прогнозирования безопасной эксплуатации электроустановок : учебное пособие – Барнаул; Изд-во АлтГТУ, 2021. – c. 113.

13. Никольский О.К., Халина Т.М., Шлионская Ю.Д. Функционирование системы техногенной безопасности электроустановок : монография – изд. 1-е, стер. – Lambert Academic Publishing, 2021 – 359 с. ISBN 978-620-4-20742-1.

14. Кудрявцев, Л.Д. Курс математического анализа. Том 1 : учебник для вузов / Л.Д. Кудрявцев. — 6-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2012. — 703 с. — Серия : Бакалавр. Базовый курс.

**Шлионская Юлия Давидовна**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

младший научный сотрудник

656038, Российская Федерация, Алтайский край,

г. Барнаул, пр Ленина, 46

тел: (3852) 29-08-82

e-mail: jlash1996@gmail.com

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Yu.D. SHLIONSKAYA

**RISK-BASED ANALYSIS OF ELECTRICAL SAFETY DURING OPERATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT IN AGRICULTURE**

**Abstract.** *The results of a study on the use of a risk-based approach in the system of organizing electrical safety in the operation of electrical installations in the agro-industrial complex are presented. The purpose of the analysis and prediction of the risk of electrical injury is determined. The aim of the work is to test the risk-based approach in organizing the electrical safety system at the enterprises of the agro-industrial complex to optimize the cost of labor protection. As a result of the study, it was found that the benefit received from the decision made by the electrical safety system does not always coincide with the expected one and almost always differ from it, therefore, in addition to the mathematical expectation characteristic, it is necessary to evaluate the scattering characteristics – dispersion and standard deviation, the first of which, when striving measures of employee's aversion to risk (for k → 0) coincides with the variance of the profitability function.*

**Keywords:** *risk, electrical safety system, agro-industrial complex.*

**BIBLIOGRAPHY**

1. Eryomina, T.V. Analiz riska elektrotravmatizma pri ekspluatacii elektroustanovok [Tekst] / T.V. Eremina, A.F. Kalinin, D.S. Shurygin // Vestnik VIESKH. – 2014. – №1(14). – S. 73-76.

2. O promyshlennoj bezopasnosti opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov : Federal'nyj zakon ot 21.07.1997 № 116-FZ (red. ot 11.06.2021) // prinyat Gosudarstvennoj dumoj 20 iyunya 1997 goda.

3. Hamaza, A.A. Koncepciya vnedreniya risk-orientirovannogo podhoda v kontrol'no-nadzornuyu deyatel'nost' v oblasti ispol'zovaniya atomnoj energii / A.A. Hamaza, A.V. Kuryndin, A.V. Belousov, M.YU. Orlov – M.: FBU «NTC YARB», 2018 g. – 36 s. – Bibliogr.: 57 nazv., ill. (Preprint FBU «NTC YARB»).

4. Hamaza, A.A. Metody optimizacii obespecheniya bezopasnosti na vsekh etapah zhiznennogo cikla ob"ektov yadernoj tekhniki : dissertaciya ... kandidata tekhnicheskih nauk : 05.14.03, 08.00.05 / Hamaza Aleksandr Aleksandrovich; [Mesto zashchity: Nac. issled. yadernyj un-t]. - Moskva, 2016. - 143 s. : il.

5. Hajrullina, L.I. Ekonomicheskie mekhanizmy meropriyatij po uluchsheniyu uslovij truda / L.I. Hajrullina, V.S. Gasilov // Fundamental'nye issledovaniya. – 2015. – № 11-1. – S. 208-212.

6. Eremina, T.V. Metod ocenki i optimizacii pozharnoj bezopasnosti elektroustanovok proizvodstvennyh ob"ektov / T.V. Eremina, I.A. Shanygin // Rossijskaya nauka v sovremennom mire : materialy XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – 2019. – S. 46-48.

7. Zav'yalov, A.M. Povyshenie bezopasnosti truda na zheleznodorozhnom transporte na osnove snizheniya vliyaniya chelovecheskogo faktora : dissertaciya ... doktora tekhnicheskih nauk : 05.26.01 / Zav'yalov Anton Mihajlovich. - Moskva, 2017. - 395 s.

8. El'kin, A.B. Evseeva I.A. Ocenka ekonomicheskoj effektivnosti meropriyatij po bezopasnosti i ohrane truda / A.B. El'kin, I.A. Evseeva. // XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2021. – 6(2). – S.157-167. https://doi.org/10.21285/2500-1582-2021-2-157-167

9. Garmaev A.L. Povyshenie bezopasnosti elektricheskih mobil'nyh mashin na osnove sistemnogo podhoda : dissertaciya ... kandidata tekhnicheskih nauk : 05.26.01 / Garmaev Aleksej Leonidovich. - Ulan-Ude, 2016. - 186 s.

10. Nikol'skij, O.K. Modelirovanie tekhnogennyh riskov elektroustanovok proizvodstvennyh ob"ektov na osnove analiza cheloveko-mashinnyh sistem / O.K. Nikol'skij, Yu.D. Shlionskaya, I.A. Shanygin // Elektrotekhnika. – 2018. – № 12. – S. 37-44.

11. Finansy : uchebnik / Yu. S. Dolganova, N.Yu. Isakova, N.A. Istomina [i dr.] ; pod obshch. red. kand. ekon. nauk, doc. N.Yu. Isakovoj ; Min-vo obr. i nauki RF. — Ekaterinburg : Izd‑vo Ural. un‑ta, 2019. — 336 s.

12. Nikol`skij O.K., Kulikova L.V., Shlionskaya Yu.D. Osnovy` oczenki i prognozirovaniya bezopasnoj e`kspluataczii e`lektroustanovok : uchebnoe posobie – Barnaul; Izd-vo AltGTU, 2021. – c. 113.

13. Nikol`skij O.K., Khalina T.M., Shlionskaya Yu.D. Funkczionirovanie sistemy` tekhnogennoj bezopasnosti e`lektroustanovok : monografiya – izd. 1-e, ster. – Lambert Academic Publishing, 2021 – 359 s. ISBN 978-620-4-20742-1

14. Kudryavcev, L.D. Kurs matematicheskogo analiza. Tom 1 : uchebnik dlya vuzov / L.D. Kudryavcev. — 6-e izd. — Moskva : Izdatel'stvo YUrajt, 2012. — 703 s. — Seriya : Bakalavr. Bazovyj kurs.

**Shlionskaya Yulia Davidovna**

Polzunov Altai State Technical University

Junior Researcher

prospect Lenina 46, Barnaul 656038, Russian Federation

tel. +7 (385-2) 29-08-82

e-mail: jlash1996@gmail.com