Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо»

УДК 621.31

Основы стратегии повышения антропогенной безопасности и оптимизации рисков электроустановок в сельском хозяйстве

Никольский О.К.¹, Фараносов В.В.¹, Суринский Д.О.²

¹Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова

²Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Аннотация

Состояние безопасности электроустановок (ЭУ) в агропромышленном комплексе достигло недопустимо низкого уровня. Угрожающий характер прежде всего представляет пожарная обстановка, весомую долю которой (до 30%) составляют пожары, вызванные действием электрического тока. Неблагополучным также остается положение с электротравматизмом людей (персонал, население).

Оценка последствий существующего состояния ЭУ, приводящего к гибели людей и высокому материальному и экологическому ущербу, вызвала необходимость утверждения приоритетных направлений развития науки и техники в $P\Phi$ и Перечня критических технологий, в том числе в области энергоэффективности и энергосбережения (Указ Президента $P\Phi$ от 7 июля 2011 г. № 899).

Ключевые слова: АНТРОПОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ТЕХНОГЕННЫЕ ПОЖАРЫ, ТЕПЛОВАЯ ПЕРЕГРУЗКА, ОПТИМИЗАЦИЯ РИСКОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Для решения этой проблемы необходимо создание эффективной системы управления антропогенной безопасности, предупреждающей пожары и электротравматизм и базирующейся на соответствующем нормативном, научном и технологическом] обеспечении [1-3]. В частности, в соответствии со «Стратегией социально-экономического развития агропромышленного комплекса на период до 2020 года (научные основы)» предложено «нивелирование негативного техногенного воздействия на экономику сельскохозяйственных товаропроизводителей и преодоление производственных рисков».

Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо»

Перечисленное становится возможно на основе массовой реализации новой технологии — системы безопасности электроустановок (СБЭ), которая представляет собой совокупность взаимосвязанных организационно-технических мероприятий и электрозащитных средств, обеспечивающих безопасность взаимодействия человека с электроустановкой в слабоформализованной производственной среде — человекомашинной системе [4, 5]. Качество функционирования будем оценивать с помощью введенных показателей технической и экономической эффективности. Показатели технической эффективности используются применительно к электротравматизму как «математическое ожидание количества электропоражений на множество объектов в течение одного года», т. е.

$$M[n\Im\Pi]^{CE\Im} = \sum_{m=1}^{M} M[n\Im\Pi]m, \qquad (1)$$

где $M[n\Im\Pi]^{CE\Im}$ — опасность электропоражения на множестве объектов после установки системы безопасности.

Аналогично можно записать «математическое ожидание количества пожаров на множестве объектов»

$$M[n\Pi]^{CB\Theta} = \sum_{m=1}^{M} M[n\Pi]m, \qquad (2)$$

где $M[n\Pi]^{CE3}$ — опасность пожаров на множестве объектов после установки системы безопасности.

Рассмотрим концептуальные основы управления безопасностью электроустановок. Известно, что негативные события в ЭУ происходят при совпадении в пространстве и во времени ряда независимых случайных процессов, характеризующихся частотой появления, длительностью существования и возможными отрицательными последствиями, количественной мерой которых является вероятность.

Концепция вероятностного подхода к оценке уровня электробезопасности, выдвинутая в 70-х гг. ХХ в., была признана классической. Вместе с тем в последние годы для оценки социально-экономических последствий аварий, пожаров и катастроф начинает формироваться новая мера объективной реальности появления какого-либо события — риск, который, в отличие от вероятности, включает в себя две компоненты: частоту события и его последствия, т.е. возможные потери и ущербы. Как правило, вторая компонента выражается в денежном исчислении. Эти две компоненты взаимосвязаны и создают

Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо»

условия неопределенности, непредсказуемости. В этом случае стандартный подход, принятый в теории вероятностей, является весьма ограниченным, поскольку с помощью его не представляется возможным оценить последствия аварии или пожара. До недавнего времени в обществе господствовала идея обеспечения «абсолютной» безопасности технических систем. Научные и инженерно-технические разработки в основном посвящались решению задач повышения надежности, увеличения ресурса безопасной работы оборудования и установок. Однако нарастающее число аварий потребовало более тщательного изучения проблемы безопасности. В результате анализа причин аварий, пожаров и т.д., возникновения, развития и характера их последствий, была выдвинута концепция управляемого (приемлемого) риска.

Концепция приемлемого риска допускает возможность опасной антропогенной ситуации (ОАС) при условии, что риск ее возникновения оправдан заранее обусловленными экономическими и социальными факторами. Данный подход достаточно широко используется в развитых странах и может быть положен в основу современной научно-технической политики в области техногенной безопасности в России.

Применительно к технологическим авариям в электроустановках сельскохозяйственного производства и быта населения концепция приемлемого риска обусловливает принципиально новый подход к реализации целей настоящей работы путем создания системы управления безопасностью, ориентированной в первую очередь на предотвращение аварий, пожаров и электротравматизма населения. На рис. 1 представлена структурная схема риска электроустановки.



Рис. 1. Структурная схема риска электроустановки

Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо»

В работах [6-8] обоснована величина приемлемого риска (1х10⁻⁶), определяющего уровень электрической или пожарной безопасности электроустановки. Установление численного значения приемлемого риска позволяет сформулировать задачу оптимизации безопасности электроустановок. В общем случае она может быть представлена двумя подходами: минимизировать затраты, направленные на создание СБЭ, при заданном значении приемлемого риска, или, при заданных (ограниченных) материальных и финансовых ресурсах, максимизировать уровень безопасности (снизить риск).

На основании рассмотрения комбинаций компонент «Вероятность возникновения ОАС» и «Последствия ОАС» и анализа возможных сценариев развития ОАС, риск можно представить в виде некоторого вектора:

$$R = \{R_{OAC}; R_{vuu}\},\tag{3}$$

где R_{OAC} – вектор вероятности опасной антропогенной ситуации; R_{yuq} – вектор ущербов.

Тогда определение риска сводится к задаче векторной оптимизации: проводится интеграция (свёртка) по вероятности каждого типа ущерба, а затем строится интегральная оценка ожидаемых ущербов.

В таблице 1 представлена структура ущербов от ОАС применительно к отрасли сельского хозяйства. Прямым ущербом являются потери и убытки, складывающиеся из невозвратных потерь основных фондов и оцененных природных ресурсов, убытков, вызванных этими потерями, а также затраты, связанные с ликвидацией ОАС. Косвенный ущерб — это потери, убытки и дополнительные затраты, которые понесут объекты инфраструктуры села и производства, не попавшие в зону прямого действия и вызванные в первую очередь нарушениями и изменениями в сложившейся структуре хозяйственных связей.

Обоснование необходимого объема финансирования для обеспечения безопасности электроустановок АПК связано с определением возможных ущербов от ОТС. Разработанная методика интегральной оценки ущерба позволяет учитывать его экономические, экологические и социальные составляющие. Для определения материального ущерба, связанного с гибелью человека и обусловленного недоотдачей результатов труда в валовой внутренний продукт, возможно использование подхода, основанного на оценке стоимости жизни человека [9, 10].

Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо»

Таблица 1. Структура ущерба от опасной антропогенной ситуации

Полный ущерб от ОАС	Косвенный ущерб	Экологический	Ухудшение качественных характеристик трудовых
			ресурсов
			Гибель и уменьшение поголовья скота
			Нарушение климатического баланса
		Социальный	Изменение условий и характера труда
			Предоставление социальных льгот
			Потери трудовых ресурсов
		Экономический	Изменение показателей эффективности в сельском
			хозяйстве
			Выбытие основных производственных фондов и
			мощностей
	Прямой ущерб	Экологический	Ущерб окружающей среде: почве, растительному и
			животному миру, атмосфере
		Социальный -	Изменение (ухудшение) условий жизни
			Людские потери
		Экономический	Ущерб в сфере производства
			Материальные потери населения
			Затраты на ликвидацию ОАС

Концепция анализа, управления и оптимизации антропогенными рисками представляет собой одну из основных современных концепций управления сложными слабоструктурированными системами. Использование данной концепции обосновано высокой степенью неопределенности и сложностью человекомашинной системы, изменяющимися требованиями к ее функционированию и предполагает построение математической модели, с помощью которой представляется возможным идентифицировать и устранять рискообразующие факторы. В первую очередь это относится к ЧМС «Ч-Э-С», для которой необходимо учитывать существующее взаимовлияние различных негативных факторов и механизмы их воздействия.

Данное обстоятельство во многом определило значительное количество фундаментальных и прикладных работ по применению методов математического и имитационного моделирования.

Анализ работ, посвященных задачам управления и оптимизации рисками, показывают, что основным этапом является оценка и прогнозирование действий, направленных на предотвращение и смягчение последствий рисков, а также идентификацию новых угроз электротравматизма и пожаров от электроустановок.

Рассмотрим математическую модель оптимизации антропогенных рисков опасности электроустановок. В общем случае оптимизацию можно трактовать как целенаправленную

Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо»

деятельность, направленную на получение наилучших результатов при соответствующих заданных условиях.

Основными исходными положениями постановки задачи оптимизации являются:

- 1) объект оптимизации антропогенный риск опасности электроустановки производственного объекта;
- 2) цель предотвращение угроз возникновения ОАС и снижение последствий (моральных, материальных и экологических) путем проведения комплекса организационно-технических мероприятий;
- 3) ограничения, обеспечивающие технико-экономические показатели эффективности функционирования ЭУ (нормативные условия, материальные и финансовые ресурсы).
- В общем виде задача оптимизации антропогенного риска может быть сформулирована в двух вариантах:
- а) при заданных затратах (экономических ограничениях) минимизировать величину риска опасности;
- б) при минимальных затратах обеспечить заданный (допустимый или нормативный) уровень риска [11, 12].

Указанные задачи допускают следующую формализованную постановку: пусть R(X) – функция интегрального риска ЭУ и ЧМС от векторного аргумента X (x_1 , ..., x_i , ..., x_n), где x_i -ый рискообразующий фактор. Примем Q(X) функцию-вектор, определяющую полные затраты, включающие ресурсы на создание и функционирование СБЭ.

<u>Тогда математическая формулировка постановки задачи оптимизации может быть</u> представлена:

- 1. Найти min R_{Σ} при условии, что $Q(X) \le Q_0$.
- 2. Найти min Q(X) при условии, что $R_{\Sigma} \leq R_{\Sigma 0}$, где $R_{\Sigma 0}$ заданный (приемлемый или нормативный) интегральный риск.

Реализация задачи оптимизации антропогенного риска можно свести к выбору таких значений рискообразующих факторов, при которых на этапе проектирования достижим минимум затрат при ограничениях на величину интегрального риска, а на этапе эксплуатации – обеспечение минимизации R_{Σ} при заданных ресурсных и материальных ограничениях.

Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо»

<u>Таким образом, процесс оптимизации риска предполагает выполнение следующих</u> этапов:

- а) концептуальная и содержательная постановка задачи;
- б) составление математической модели;
- в) формулирование сценариев и альтернатив;
- г) разработка алгоритма для проведения расчетов и верификация.

Выводы

- 1. Рассмотренная концепция антропогенного риска позволила сформулировать задачу оптимизации, обосновать критерии эффективности и ограничения, в основе которых лежит учет моральных потерь и материальных ущербов, вызванных действием электрического тока. В качестве допустимого значения риска, отражающего частоту возникновения аварий, несчастных случаев и пожаров, принята нормативная величина 1x10⁻⁶, характеризующая уровень электробезопасности или пожарной безопасности.
- 2. Решение задачи предотвращения электротравматизма и пожаров от электротехнических причин возможно на основе массовой реализации высокоэффективной СБЭ, обеспечивающей наилучшие совокупные показатели электрической и пожарной безопасности в условиях ограниченных финансовых и материальных ресурсов.

Список использованных источников:

- 1. Nikolsky O.K., Shlionskaya Yu.D., Gabova M.A., Kachanov A.N., Chernyshov V.A. Methodology of fire risk analysis in electrical installations of a production facility DOI: 10.1088/1757-899X/1211/1/012001 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1211 (2022) 012001.
- 2. Gabova M., Nikolsky O., Guner M. The expert system for assessing fire risks of electrical installations in the agrarian industrial complex based on neural networks // International Conference on High-Performance Computing Systems and Technologies in Scientific Research. 2021. Vol. 214. No. 114. DOI: 10.1088/1742-6596/2142/1/012005.
- 3. Udartseva O., Nikolsky O. Computer Science in Environmental Safety Research // International Science and Technology Conference on Earth Science. 2019. Vol. 414. No. 459. DOI: 10.1088/1755-1315/459/4/042043.

Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо»

- 4. Bagaev A., Kulikova L., Kunitsyn R. Influence of inclination angle of piezoelectric receiver of ultrasonic sensor on the error in measurement of the average fiber diameter // International Scientific and Practical Conference on Modern Problems of Ecology, Transport and Agricultural Technologies. 2020. Vol. 113. No. 124. DOI: 10.1088/1757-899X/941/1/012050.
- 5. Halina T., Stalnaya M., Ivanov I., Rybalkina T., Ryazanova E. Speed Regulation of Single-Phase Engines Used in Agriculture // International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering. 2018. Vol. 223-227. No. 6. DOI: 10.1109/APEIE.2018.8545140.
- 6. Дробязко О.Н., Куликова Л.В. Системно-вероятностное моделирование систем обеспечения электробезопасности на объектах АПК // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (208). С. 94–101.
- 7. Никольский О.К., Фараносов В.В., Суринский Д.О. Контроль и предотвращение пожаров от токов утечки в электроустановках производственного объекта [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2022. № 5. Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/5/st_538.pdf DOI: https://doi.org/10.51419/202125538.
- 8. Габова М.А. Оценка пожарных рисков электроустановок АПК на основе нейронных сетей // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии. 2021. Т. 5. № 1. С. 217–221.
- 9. Никольский О.К. Модель функционирования системы техногенной безопасности электроустановок // Вестник АПК Ставрополья. 2021. № 1 (41). С. 19–23. DOI: 10/31279/2222–9345-2021-10-41-19-23.
- 10. Shirobokova T., Surinsky D., Egorov S. Modeling of led luminaires with optimal temperature operation of leds // Intelligent Information Technology and Mathematical Modeling. 2021. Vol. 174. No. 529. DOI: 10.1088/1742-6596/2131/5/052093.
- 11. Куликова Л.В., Суринский Д.О. Энергетический анализ производства продукции растениеводства // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (96). С. 176–179.
- 12. Суринский Д.О., Карнаухов К.А. Методика расчета энергосберегающих мероприятий при защите объектов АПК от вредителей [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2022. № 3. Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/3/st_305.pdf DOI: https://doi.org/10.51419/202123305.

Цитирование:

Никольский О.К., Фараносов В.В., Суринский Д.О. Основы стратегии повышения антропогенной безопасности и оптимизации рисков электроустановок в сельском хозяйстве [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/3/st_331.pdf. DOI: https://doi.org/10.51419/202133331.