

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЗДАНИЙ

В.С. GERMANENKO

Обеспечение электробезопасности относится к наиболее актуальным социально-экономическим проблемам современности. Успешное решение этой проблемы в значительной степени зависит от формирования новых подходов, от тех требований, которые общество предъявляет к условиям функционирования электроустановок по показателям технологичности, экономичности, экологичности и т.д. В своем развитии общество меняет приоритеты: на первое место выходят или объем производства, или качество, или энергосбережение. Сегодня приоритетной должна быть безопасность электроустановок (электропожаробезопасность).

Под электропожаробезопасностью будем понимать состояние рассматриваемого объекта, исключающее появление ситуаций, опасных для людей и окружающей среды. Здесь рассматриваются такие ситуации, которые могут привести к травматизму людей и животных, пожарам, вызванным опасным проявлением электрического тока (короткими замыканиями, электрическими перегрузками, утечками тока через изоляцию на землю, перенапряжением и электрической дугой).

Известно, что опасные ситуации в электроустановках происходят при совпадении в пространстве и во времени ряда независимых случайных событий (каждое из которых участвует в формировании несчастного случая или возникновения пожара) и характеризуется частотой появления и длительностью существования.

Известно также, что количественной мерой случайного события является вероятность. Поэтому концепция вероятностного подхода к оценке уровня электробезопасности, выдвинутая в 70-х годах XX века [1, 2, 3], была признана классической. Однако, в последние годы для оценки социально-экономических последствий крупных аварий, пожаров и катастроф начинает формироваться новая мера объективной реальности появления каких-либо событий - мера опасности - риск [4, 5]. При этом, в отличие от вероятности

события понятие риска включает в себя два компонента: частоту, с которой происходит опасное событие, например, пожар, и последствия этого события, т.е. возможные потери и ущерб. Как правило, второй компонент выражается в денежном исчислении. Эти два компонента взаимосвязаны и создают условия неопределенности, непредсказуемости. В этом случае использование стандартного подхода, опирающегося на теорию вероятностей, является весьма проблематичным, поскольку нельзя оценить последствия аварии или пожара.

Концепция приемлемого риска в области безопасности

До недавнего времени в обществе господствовала идея обеспечения «абсолютной» безопасности технических систем. В общественном сознании стойко жило представление о том, что наиболее ответственные технические объекты должны обладать или обладают высокой эксплуатационной надежностью, а любая авария - есть результат либо преступной халатности, либо диверсии. Естественно, что в этих условиях научные и инженерно-технические разработки, в основном, посвящались решению задач повышения надежности машин и механизмов, а также повышению ресурса безопасной работы оборудования. Однако нарастающее число аварий заставило ученых и специалистов вернуться к более тщательному изучению проблем безопасности и на основе результатов объективного анализа причин их возникновения и характера последствий изменить свои взгляды и перейти на концепцию управляемого (приемлемого) риска.

Концепция приемлемого риска допускает возможность опасной техногенной ситуации при условии, что риск ее возникновения оправдан с точки зрения заранее обусловленных экономических и социальных факторов. Данный подход достаточно широко используется в развитых странах и теперь положен в основу современной научно-технической политики в области безопасности в России. Его применение позволяет ученым учесть и исследовать весь спектр воздействий на техносферу и окружающую среду по всему жизнен-

ному циклу объектов. Выводы и рекомендации ученых представляют лицам, принимающим решения, возможность адекватно реагировать на различные источники и уровни опасностей, прогнозировать аварийные ситуации и сценарии их развития, создавать эффективные системы управления снижением риска и ущерба от аварий и пожаров, ликвидации их последствий, предъявлять обоснованные требования к новым проектным разработкам.

Нельзя не отметить, что новой концепции противостоит живучесть «нулевого» риска, стойко закрепленного в сознании значительной части населения России. Особенно это касается таких ответственных отраслей, как ядерная энергетика, химическая промышленность и т.д. Нельзя не согласиться с тем, что идея обеспечения развития общества при условии его полной безопасности для здоровья и жизни людей весьма привлекательна. Однако, как и всякий идеал, данная цель принципиально недостижима: определенная степень риска всегда присутствует. Вместе с тем практическая ценность такой цели состоит в том, что она стремится к максимальному приближению идеала. В нашем случае – это предотвращение (или сведение к минимуму) риска возникновения аварии в электроустановке, пожара или травмы и их последствий. Следует также отметить, что сведение к нулю риска аварии в отношении отдельно взятой электроустановки – событие вполне возможное, и этот факт должен быть положен нами в основу управления электробезопасностью. Однако, существует некий совокупный технологический риск, например, в энергетике, сельском хозяйстве, который, в принципе, не может быть устранен. Отсюда напрашивается парадоксальный вывод: ликвидировать электроустановки, запретить новое строительство?

Остановить прогресс во имя полной безопасности для жизни и здоровья людей, как предлагали в свое время наиболее радикальные сторонники концепции «нулевого риска» и до сих пор предлагают некоторые их последователи, означает не только не устранить риск, но и подорвать экономику, внести социальную нестабильность. Поэтому совокупный «нулевой риск» следует рассматривать как некий идеал, к которому нужно стремиться путем предотвращения аварийных и опасных ситуаций. С этих позиций применительно к технологическим авариям в электроустановках сельскохозяйственного производства и быта населения наиболее эффективной представляется стратегия предотвращения. Опираясь на новейшие дости-

жения в области технологии и организации управления, эта стратегия позволяет обеспечить социально-экономическое развитие при минимальном риске возникновения технологических угроз. Причем это относится и к чрезвычайным ситуациям, и к «традиционным» пожарам.

Однако, как показывает анализ, несмотря на то, что пожары от электроустановок можно предотвратить (например, за счет массового применения устройств защитного отключения), тем не менее, в угоду существующего приоритета ведомственных интересов над общественными основные усилия в настоящее время направляются на тушение пожаров и внедрение средств их оповещения (установка пожарной сигнализации).

Переход на новую концепцию – управление риском – ставит проблему понятийного характера. В науке до сих пор отсутствует универсальная трактовка таких понятий, как «риск», «чрезвычайная ситуация», «опасность». Не ставя перед собой задачу, дать исчерпывающую трактовку этих понятий, введем некоторые определения, которые будем в дальнейшем использовать.

Опасная технологическая ситуация (ОТС) – угрожающее событие в электроустановке, приводящее к электропоражению человека (и животного) или возникновению пожара.

Технологический риск – ожидаемые потери (гибель людей и потеря здоровья, потери собственности, нарушение хозяйственной деятельности объекта), обусловленные опасным проявлением электрического тока за определенный период времени.

Уязвимость электроустановки – степень потерь (0 - 100%), возникающих в результате опасной технологической ситуации – качественная характеристика объекта.

Риск – количественная мера опасности электроустановки, включающая вероятность возникновения ОТС и ее последствия (потери, ущерба).

Уязвимость проявляется мерой противодействия объекта возникновению опасной технологической ситуации. Снижение уязвимости приводит к повышению безопасности электроустановки.

Структурная схема риска электроустановки представлена на рис. 1.

Принимая, что безопасность электроустановки может быть обеспечена путем достижения приемлемого риска, ставится задача установления предела его значения и определения области уровней допустимого риска. При этом допустимость риска понимается как

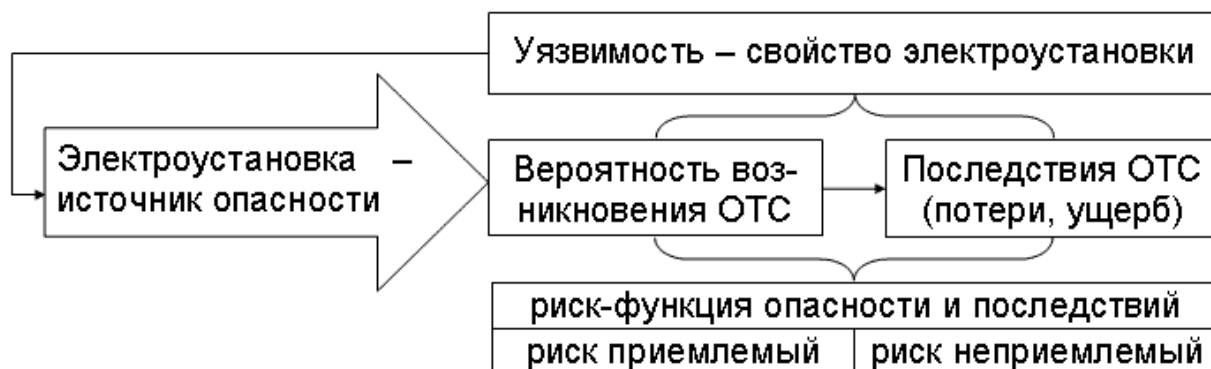


Рисунок 1 – Структурная схема риска электроустановки

норма, установленная в законодательном порядке. Эта норма должна базироваться на принятых в России технических стандартах системы безопасности, выше которых риск считается неприемлемым. В качестве допустимого значения технологического риска следует принять величину 1×10^{-6} - уровень безопасности в электроустановке или уровень пожарной безопасности [6, 7]. Эта величина, отражающая частоту возникновения аварий, несчастных случаев и пожаров от электроустановки, настолько мала, что ради выгоды, получаемой от использования техники, общество готово пойти на такой риск. Отметим, что величина приемлемого риска, установленная в законодательном порядке, во многих развитых странах принимается равной 1×10^{-5} - 1×10^{-6} . Установление численного значения приемлемого риска позволяет поставить задачу оптимизации обеспечения безопасности электроустановок.

Обоснование критериев оценки оптимальных рисков

Реализация концепции допустимого риска возможна путем оптимизации системы безопасности электроустановок (СБЭ), т.е. формирование такого комплекса организационных и технических мер, который бы обеспечивал нормальное (допустимое) взаимодействие человека и электроустановки. Такая задача оптимизации, в принципе, может быть решена двумя путями:

1. Максимизировать уровень безопасности (снизить риск) при заданных материальных и финансовых ресурсах.

2. При заданном значении уровня при-

емлемого риска (1×10^{-6}) минимизировать затраты, направленные на создание системы безопасности электроустановок.

Первый путь предпочтителен при решении задачи оптимизации отдельного объекта, когда управленческой структурой задаются финансовые средства для конкретного предприятия, или само хозяйство (с частным капиталом) закладывают эти средства в ежегодный план производственной деятельности.

Второй путь – стратегический, должен "работать" как на отдельный регион, так и на отрасль сельскохозяйственного производства в целом. Здесь уже при установленных нормативами значении приемлемого риска в качестве ограничений выступает уровень безопасности электроустановок.

В контексте сформулированных выше задач в качестве оптимальных рисков могут выступать

$$Y_{63} = \max (\text{при } Z_{63} = \text{const}) \quad (1)$$

или

$$Z_{63} = \min (\text{при } Y_{63} = \text{const}), \quad (2)$$

где Y_{63} – уровень безопасности электроустановок,

Z_{63} – затраты (финансовые и материальные) на систему безопасности.

Дальнейшая задача оптимизации решается путем перебора различных вариантов системы безопасности, сопровождающегося вычислением для каждого из них критерия оптимизации.

Множество возможных вариантов СБЭ,

рассматриваемых по отношению к некоторому объекту, конечно и ограничено, в первую очередь, номенклатурой применяемых аппаратов электрической защиты. Параметры аппаратов защиты, как правило, также выбираются из некоторого конечного ряда типоразмеров и рядов номинальных значений. Кроме того, при заданных типах аппаратов защиты эти параметры практически однозначно определяются требованиями ПУЭ и инженерными методами выбора электрической защиты, комплектации распределительных щитов и т.д.

Все эти факторы предопределяют конечность и ограниченность числа вариантов СБЭ. В этих условиях не требуется применять методы перебора, сокращающие перечень просматриваемых вариантов (в частности, методы дискретного программирования), а достаточно использования способа сплошного перебора вариантов. В АлтГТУ в настоящее время разработаны методы оптимизации комплексной безопасности электроустановок применительно к объектам АПК [8, 9, 10].

Использование системного подхода в изучении проблемы электробезопасности позволяет ввести понятие устойчивости изучаемой системы (в данном случае "электроустановка-человек-внешняя среда"). Согласно методам нелинейной динамики [11] случайность того или иного события возникает не только в результате действия большого количества разных причин, но и существенно зависит от так называемых начальных условий. При этом чувствительность к начальным условиям определяется разбеганием близких траекторий развития систем. Если система чувствительна к начальным условиям, то она неустойчива. Поэтому незначительные изменения параметров начальных условий могут иметь непредсказуемые последствия. А это будет означать, что при определении вероятности возникновения опасной ситуации, скажем, пожара, оценить его последствия традиционными методами не представляется возможным.

Рассмотрим комбинации компонентов "Вероятность возникновения ОТС и «Последствия ОТС» (рис. 1). Выделим четыре возможных сценария.

Первый сценарий. Вероятность ОТС весьма большая, но ущерб, связанный с этой ситуацией равен нулю (или бесконечно мал). Отсюда следует, что защищаемый объект не подвергается опасности (риск равен нулю).

Второй сценарий. Ущерб от возможной

ОТС велик, но вероятность её возникновения равна нулю. Следовательно, опасность отсутствует (риск равен нулю).

Третий сценарий. Вероятность возникновения ОТС и ущерб от неё равны нулю. Сценарий характеризуется как достоверное отсутствие опасности (абсолютная безопасность).

Четвёртый сценарий. Вероятность ОТС и ущерб от неё принимают конечные значения. Сценарий оценивается как опасный, характеризующийся соответствующим риском.

Считая, что риск – мера для количественного измерения опасности, представим его как некоторую векторную величину, компонентами которой являются потери (ущербы) различного типа (экономические, социальные, экологические) от воздействия той или иной опасной ситуации и вероятности возникновения этой ситуации.

Введём в качестве количественного показателя уровня безопасности электроустановок некое предельно допустимое значение риска.

Представим риск как некоторый вектор

$$R = \{R_{\text{отс}}, R_{\text{ущ}}\}, \quad (3)$$

где $R_{\text{отс}}$ – вектор вероятности опасной ситуации,

$R_{\text{ущ}}$ – вектор ущербов.

Тогда определение риска сводится к задаче векторной оптимизации: проводится интеграция (свёртка) по вероятности каждого типа ущерба (например, определяется математическое ожидание, т.е. ожидаемый ущерб), а затем строится интегральная оценка ожидаемых ущербов. Возможен иной подход (в случае крупных аварий и катастроф), когда целесообразно задачу векторной оптимизации рассматривать, выделяя минимизацию вероятности опасной ситуации и минимизацию ущерба в случае аварии.

Ниже рассматривается подход к определению оценки оптимальных рисков для любых электроустановок, в которых может произойти опасная ситуация.

В общем случае задача формулируется следующим образом: необходимо определить набор электротехнических средств и их параметров, чтобы риск (интегральная оценка) был бы не больше заданного, а стоимость этих средств и прогнозируемый ущерб были бы минимальными.

Тогда решение поставленной задачи в общем случае может быть сведено к следующим процедурам:

1. Оценить вероятность возникновения ОТС
2. Определить интегральную оценку ущерба от ОТС
3. Определить оптимальный набор электротехнических мер по снижению уровня риска.
4. Разработать программу снижения риска.

В основе оценки вероятности возникновения ОТС (как уже отмечалось выше) лежит концепция приемлемого риска, предполагающая обеспечение наименьшего риска, который может быть практически достигнут в конкретном случае, исходя из существующих социальных и экономических возможностей общества.

Учитывая, что интегральная оценка ущерба будет дана ниже, рассмотрим одну из составляющих социального ущерба – человеческие потери. Однако расчет материального ущерба, вызванного гибелью человека (работника), возможен лишь при правомерности подхода к оценке стоимости его жизни. Опуская моральную сторону проблемы (невозможно в денежном выражении оценить жизнь конкретного человека), нельзя не учитывать и того, что электротравматизм людей, кроме морального вреда наносит обществу значительный материальный ущерб, обусловленный неотдачей (вследствие гибели человека) результатов труда в ВВП. В контексте сказанного считаем правомерным постановку задачи оценки стоимости жизни человека (СЖЧ). Вместе с тем, с методической точки зрения решение такой задачи может дать неоднозначный результат, ибо оно связано с определением многих неизвестных параметров, таких как экономический уровень общества, средние доходы населения, инфляция, продолжительность жизни работника, его профессиональная подготовка, трудовой стаж, образование и т.д. Поэтому расчетные оценки могут существенно отличаться друг от друга. В [12] была дана первая попытка оценить СЖЧ применительно к отрасли сельского хозяйства. Согласно приведенной методике материальный ущерб, вызванный гибелью специалиста, составлял 136 тыс. руб. (в ценах 80-х годов). Принимая соответствующие поправочные коэффициенты, не вызывает принципиальных трудностей оценить в настоящее время СЖЧ, а следовательно, и ущерб от его гибели.

За рубежом широко используются страховыми компаниями методики по оценкам стоимости материального ущерба от гибели

человека. Так, на основе оценки стоимости труда в ряде стран приняты следующие значения СЖЧ (млн. долл.): США – 3,5; Канада – 3,6; Япония – 7,6. Для расчета среднего ущерба на пострадавшего используется коэффициент 0,01 от СЖЧ. Следуя этой методике, ущерб от гибели одного человека в стране со стоимостью жизни в один миллион долларов будет составлять \$10.000.

В России отсутствуют нормативы, позволяющие оценивать СЖЧ и материальный ущерб, вызванный гибелью работника. Однако, учитывая опыт зарубежных стран, в которых нормы оценок СЖЧ закреплены в законодательном порядке и, в качестве рекомендации, можно принять величину \$10.000, как средний материальный ущерб.

Модель интегральной оценки ущерба от опасных технологических ситуаций

Рассмотрим структуру ущерба, вызванного возникновением опасной технологической ситуации в отрасли сельского хозяйства (рис. 2).

При рассмотрении социальных, экономических и экологических аспектов последствий ОТС будем оперировать понятиями прямого, косвенного и полного ущерба.

Под прямым ущербом будем понимать потери и убытки, складывающиеся из невозвратных потерь основных фондов и оценённых природных ресурсов, убытков, вызванных этими потерями, а также затраты, связанные с ликвидацией ОТС. В состав затрат на ликвидацию ОТС включаются затраты на медицинское обслуживание, комплекс эвакуационных мероприятий, компенсационные выплаты на строительство нового жилья эвакуированным и т. д.

Косвенным ущербом будем называть потери, убытки и дополнительные затраты, которые понесут объекты инфраструктуры села и агропромышленного комплекса, не попавшие в зону прямого действия, и вызванные, в первую очередь, нарушениями и изменениями в сложившейся структуре хозяйственных связей. К косвенному ущербу можно отнести и плохо поддающиеся стоимостной оценке отрицательные социальные эффекты, например, падение производительности труда работников, вызванное их угнетённым психическим состоянием.

Прямой и косвенный ущерб в совокупности образуют полный ущерб.

Все виды прямого ущерба, который несёт отрасль сельскохозяйственного производства и сельского населения в результате

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

Рисунок 2 – Модель интегральной оценки ущерба

ОТС, можно разделить на три основные группы: экономические, социальные, экологические.

Поэтому при рассмотрении структуры прямого ущерба выделим прямой экономический, прямой социальный и прямой экологический ущерб.

Прямой экономический ущерб связан непосредственно с повреждением или утратой основных и оборотных фондов, а также включает затраты на ликвидацию ОТС. Этот вид ущерба, как правило, представляется в денежном выражении.

Прямой социальный ущерб, связанный с воздействием на население и среду его обитания, включает гибель людей, потерю здоровья, ухудшение условий жизни.

Прямой экологический ущерб обуславливается ущербом природной среде. Он включает ущерб от уничтожения или разрушения почвенного покрова, растительного и животного мира, а также ущерб от загрязнения водных источников и водоёмов, ущерб от загрязнения атмосферы.

Косвенный ущерб – это убытки, нанесённые вне зоны прямого воздействия ОТС. Также, как прямой ущерб, косвенный ущерб делится на экономический, социальный и экологический.

Косвенный экономический ущерб, включает следующие составляющие: изменение выпуска продукции сельского хозяйства (по видам); изменение показателей эффективности в сельскохозяйственном производстве; сокращение сырьевой базы животноводства (по видам кормов); нарушение нормального режима функционирования хозяйства (ухудшение электро-теплоснабжения, водоснабжения и др.).

Косвенный социальный ущерб включает: потери трудовых ресурсов; изменение условий и характера самого труда; выплаты социальных льгот; обеспечение дополнительными услугами в здравоохранении и коммунальной сфере.

Косвенный экологический ущерб формируется за счет следующих факторов: уменьшение поголовья птиц и зверей; ухудшение качественных характеристик используемых природных ресурсов; нарушение климатического баланса района.

Таким образом, описанная структура ущерба представляет собой дерево, вершина которого соответствует интегральной оценке ущерба, а ветви – различным типам ущербов. Для получения интегральной оценки ущерба необходимо задать процедуры агрегирования (свёртки) [13].

Рассмотрим метод матричных свёрток, используемый при агрегировании разнородных показателей (в нашем случае, экономические, социальные и экологические риски).

Введем дискретную шкалу оценок показателей. Будем считать, что каждому значению дискретной шкалы будет соответствовать некоторая качественная характеристика ущерба. Так, если шкала имеет три значения (1, 2, 3), то можно принять: 1 – соответствует низкому (незначительному) ущербу; 2 – среднему (ощутимому); 3 – высокому (существенному). Очевидно, что каждому такому качественному показателю соответствует вполне определенный интервал количественных значений соответствующих ожидаемых ущербов.

В основе процедуры формирования интегральной оценки ущерба лежит методология проведения формальных и экспертных процедур [14], которая представляет собой следующее. Для оцениваемого объекта определяется набор показателей $\{a_j\}$. Для получения интегральной оценки показатели попарно сравниваются друг с другом при помощи матриц свёрток. Полученные характеристики в свою очередь опять попарно сравниваются между собой с помощью матриц свёрток уже следующего уровня. Процедура повторяется до тех пор, пока не останется одна характеристика, которая и представляет собой интегральную оценку ущерба объекта.

Достоинство описанной (бинарной) процедуры является то, что она позволяет решать задачу комплексного оценивания по N показателям путём многошаговой процедуры агрегирования, причём на каждом шаге производится агрегирование только по двум показателям. Это упрощает задачу выбора правил агрегирования, поскольку соответствует реальным возможностям человека в выдаче непротиворечивой устойчивой информации (гипотеза бинарности). Эта гипотеза утверждает, что человек устойчиво сравнивает объекты, отличающиеся оценками по двум критичальным свойствам [14].

Рассмотрим алгоритм определения интегральной оценки ущерба на примере фрагмента дерева ущербов (рис. 3) со следующими исходными показателями: материальный ущерб (a_1), материальный ущерб (a_2) и людские потери (a_3). Показатели a_1, a_2, a_3 соотнесены с эконо-

мическим, экологическим и социальным ущербам.

Примем, что ОТС имеет несколько вариантов (сценариев) развития. Каждый вариант реализуется с некоторой вероятностью и характеризуется определённым вектором ущербов. Пусть число возможных сценариев равно n , а вероятность j го варианта сценария равна p_j . В этом случае для каждого варианта j определяем интегральную оценку ущерба K_j . Зная интегральные оценки ущерба каждого варианта и его вероятность, можно определить вероятности возможных значений оценки интегрального ущерба Q_j , а следовательно и риск как среднее значение интегральных оценок ущерба

$$R = \sum_{j=1}^n Q_j \times j, \quad (4)$$

где n – число возможных значений оценок интегрального ущерба.

Рассмотрим численный пример расчета ущерба на основе сценарного подхода. Пусть возможны три сценария развития ОТС, различающиеся по тяжести последствия. Обозначим P_{ij} вероятность значения j для ущерба $a_i, i = \overline{1,3}, j = \overline{1,3}$.

Вероятности этих сценариев и соответствующие векторы ущербов приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ сценария	P_j	a_1	a_2	a_3	K_j
1	0,2	1	2	1	2
2	0,7	2	2	1	2
3	0,1	2	3	2	3

В этой таблице указаны интегральные оценки ущерба (K_j), различных сценариев, определенные по логическим матрицам свёртки. Из таблицы следует, что первый и второй сценарии имеют интегральную оценку ущерба 2, а третий — 3. Поэтому вероятности возможных значений интегральных оценок ущерба равны соответственно: $Q_1=0, Q_2=0,9, Q_3=0,1$.

Тогда средний ущерб составляет:

$$R=0 \times 1 + 0,9 \times 2 + 0,1 \times 3 = 2,1,$$

то есть (по принятой нами шкале качественной характеристики ущерба), близок к ощутимому.

Зная величины вероятностей появления отдельных ОТС и оценки их ущербов, описанный алгоритм позволяет определить интегральную оценку риска, и тем самым поставить задачу управления риском.

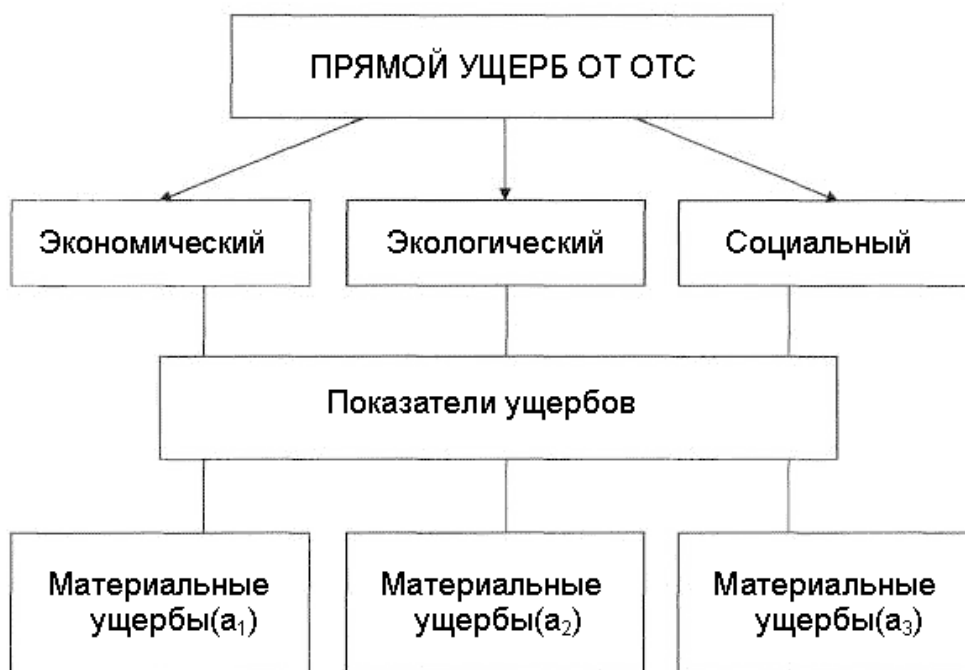


Рисунок 3 – Бинарная структура дерева рисков прямого ущерба

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никольский О.К. Системы обеспечения электробезопасности в сельском хозяйстве. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1977. – С.192.
2. Якобс А.И., Коструба С.И., Королев С.Г. Оценка уровня электробезопасности и новых норм на характеристики заземляющих устройств электроустановок с большими токами замыкания на землю / Электричество. – 1975. – № 2.
3. Никольский О.К., Порошенко А.Г., Сошников А.А. и др. Научные основы создания радикальной системы электробезопасности и эксплуатации электроустановок в сельском хозяйстве Сибири и Дальнего Востока / Сибирский вестник сельскохозяйственной науки СО ВАСХНИЛ. – № 1. – Новосибирск. – 1982.
4. Нейман Дис., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое предвидение. – М., 1970.
5. Порфирьев Б.Н. Организация управления в чрезвычайных ситуациях. – М.: Знание, 1989.
6. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.004-85.
7. Никольский О.К. Риск безопасности в энергетике / Вестник Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. – 2000. – № 3.
8. Никольский О.К., Сошников А.А., Полонский А.В. Развитие научных основ безопасности электроустановок зданий / Вестник Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. – 2000. – № 3.
9. Сошников А.А., Дробязко О.Н., Создание оптимальных систем комплексной безопасности в электроустановках до 1000 В / Вестник Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. – 2000. – № 3.
10. Дробязко О.Н., Сошников А.А. Выбор оптимальных стратегий создания систем комплексной безопасности электроустановок АПК. Барнаул, 2001. – № 1.
11. Каннингхэм В. Введение в теорию нелинейных систем. Пер. с англ. – М., 1968.
12. Никольский О.К., Халин Е.В., Петроченко А.Н. Оценка экономической эффективности системы обеспечения электробезопасности. В кн.: Электробезопасность сельскохозяйственного производства. Научные труды ВИЭСХ – М., 1977. Т.43.