

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

**Л.Ю. Качесова, А.С. Юрченков**

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова  
г. Барнаул

Предложено программное обеспечение для расчета интегрального риска конкретной техногенной опасности электроустановки. Программное обеспечение реализует операции пропозициональной темпоральной логики: «иногда в прошлом» и «всегда в прошлом», которые используются для описания темпоральных зависимостей между рискообразующими факторами и техногенным риском. Интегральный риск вычисляется с использованием алгоритма нечеткого вывода Мамдани.

**Ключевые слова:** электроустановка, техногенный риск, темпоральная логика, нечеткий вывод.

В сфере электробезопасности существуют три разновидности факторов риска, связанных с эксплуатацией электроустановок, внешней средой и человеком. Каждый вид риска ведет к негативным последствиям, как для здоровья человека, так и наносит ущерб предприятию. Следовательно, необходима методика моделирования, оценки и прогнозирования возможных рисков [1].

При моделировании рисков электроустановок производственных объектов необходимо учитывать зависимость от времени, которая прослеживается в причинно-следственных связях между рискообразующими факторами каждого класса опасности и риском. Описать зависимость от времени в причинно-следственных связях возможно с использованием аппарата темпоральных логик [2].

В предлагаемой методике моделирования, оценки и прогнозирования рисков электроустановок рискообразующие факторы и риск описываются в виде лингвистических переменных. Для каждой лингвистической переменной задается терм-множество допустимых лингвистических значений. Для описания темпоральных зависимостей между рискообразующими факторами и риском используются простые и сложные темпоральные высказывания [3].

Простые темпоральные высказывания формируются применением к рискообразующему фактору одной из унарных темпоральных операций прошлого времени пропозициональной темпоральной логики (PTL): «иногда в прошлом», «всегда в про-

шлом»,

В сложном темпоральном высказывании простые темпоральные высказывания связываются между собой темпоральными отношениями, предложенными в рамках темпоральной интервальной логики Дж. Аллена или с использованием логической операции «приоритетное И», которая определяется следующей формулой:

$$A \wedge_{пр} B = (A \tau B) \vee (A \wedge B),$$

где  $A, B$  – простые темпоральные высказывания;  $\tau$  – какая-либо из операций интервальной логики Дж. Аллена;  $\vee$  – логическая операция нечеткой дизъюнкции;  $\wedge$  – логическая операция нечеткой конъюнкции.

Для определения истинности темпоральных высказываний используется аппарат нечетких мер.

Поскольку темпоральные операторы прошлого времени предполагают учет предыстории, то для каждой лингвистической переменной, к которой применена операция «всегда в прошлом» или операция «иногда в прошлом», необходимо задать терм-множество для нескольких предшествующих моментов времени. При вычислении меры истинности утверждения, к которому применен темпоральный оператор, учитываются значения мер его истинности на заданных в прошлом моментах времени. Результирующее значение нечеткой меры истинности для темпоральной операции «всегда в прошлом» вычисляется с использованием композиции значений мер истинности для отдельных мо-

ментов времени. Результирующее значение нечеткой меры истинности для темпоральной операции «иногда в прошлом» вычисляется следующим образом: из всей совокупности нечетких мер истинности каждого момента времени в прошлом выбирается максимальное значение меры истинности.

Степень истинности высказывания с использованием нечёткой конъюнкции совпадает со степенью истинности наименее истинного высказывания:  $\lambda(A \wedge B) = \min\{\lambda(A); \lambda(B)\}$ .

Степень истинности высказывания с использованием нечёткой дизъюнкции совпадает со степенью истинности наиболее истинного высказывания:  $\lambda(A \vee B) = \max\{\lambda(A); \lambda(B)\}$ .

Для расчета интегрального риска конкретной техногенной опасности было создано программное обеспечение на языке C# в среде разработки Visual Studio.

В программном обеспечении для описания темпоральных зависимостей между рискообразующими факторами и риском используются унарные операции «всегда в прошлом» и «иногда в прошлом» пропозициональной темпоральной логики, а также бинарные операции нечёткая конъюнкция и нечёткая дизъюнкция. Для вычисления интегрального риска конкретной техногенной опасности используется алгоритма нечёткого вывода Мамдани.

Первым этапом работы программы является задание лингвистических переменных рискообразующих факторов и техногенного риска (рисунок 1).

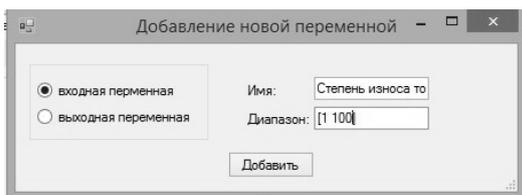


Рисунок 1 – Создание лингвистической переменной

Вторым этапом является задание термножеств для каждой лингвистической переменной (рисунок 2).

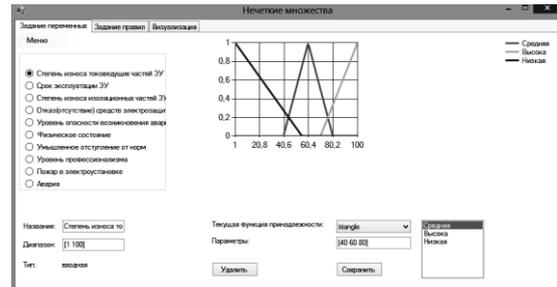


Рисунок 2 – Задание терм – множеств

На третьем этапе работы программы задаются правила нечеткого вывода для вычисления интегрального риска конкретной техногенной опасности. Данный этап представлен на рисунке 3 (задаются правила для техногенной опасности Электротравма).



Рисунок 3 – Задание правил нечеткого вывода

На четвертом этапе производятся основные стадии вычисления интегрального риска по алгоритму нечеткого вывода Мамдани.

Первая стадия– это стадия агрегирования всех значений входных лингвистических переменных с учетом логических операций и темпоральных операций между ними.

Вторая стадия – это стадия активизации выходных переменных на основе данных, полученных после стадии агрегирования.

Третья стадия – стадия аккумуляции правил по каждой выходной лингвистической переменной (на рисунке 4 аккумуляция по выходной переменной отражена в нижней строке).

Четвертая стадия – вычисление интегрального риска путем дефаззификации итоговых (проаккумулялированных) значений для каждой выходной лингвистической переменной.

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

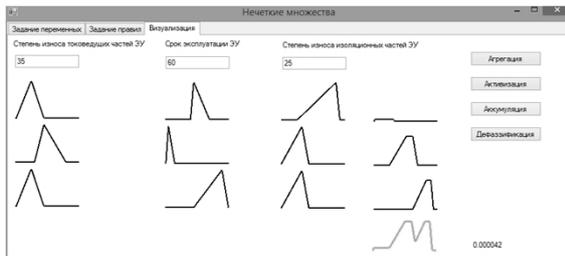


Рисунок 4 – Стадия вычисления интегрального риска

Так как мы используем алгоритм Мамдани, то вычисление интегрального риска происходит по формуле:

$$y = \frac{\int_{\text{Min}}^{\text{Max}} x * \mu(x) dx}{\int_{\text{Min}}^{\text{Max}} \mu(x) dx},$$

где  $x$  – переменная, соответствующая выходной лингвистической переменной и принимающая значения от  $x = \text{Min}$  до  $x = \text{Max}$ ;  $\text{Min}$  и  $\text{Max}$  – левая и правая точки интервала носителя нечёткого множества;  $\mu(x)$  – функция принадлежности нечёткого множества, полученная после аккумуляции. Определённый интеграл находился по методу прямоугольников.

Как видно из рисунка 4, итоговое значение интегрального риска для выходной лингвистической переменной «Электротрав-ма»

равно 0.000042. Это значит что при заданном значении рискообразующих факторов риск электротравмы является допустимым.

Результаты исследований показали, что предлагаемая методика моделирования, оценки и прогнозирования рисков электроустановок с использованием темпоральных зависимостей между рискообразующими факторами и риском даёт более адекватную оценку техногенной опасности производственного объекта, по сравнению с методиками оценки рисков электроустановок без этого компонента.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никольский О.К. Теория и практика управления техногенными рисками. – Барнаул, Изд-во АлтГТУ, 2015. – 219 с.
2. Качесова Л. Ю., Тушев А. Н. О возможности использования темпоральной логики в интеллектуальной системе поддержки принятия решений по управлению техногенными рисками опасности электроустановок // Ползуновский альманах. – 2016. – №2. – С. 151-153.
3. Никольский О.К., А.Н. Тушев, Л.Ю. Качесова Применение аппарата темпоральной логики для управления техногенными рисками в человеко-машинных системах // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – №3. – С. 41-45.

**Качесова Лариса Юрьевна** – старший преподаватель, тел.: (3852) 290-899, e-mail: kachesova\_l\_u@mail.ru; **Юрченков Александр Сергеевич** – магистрант.