Текутов Денис Михайлович, студент
ВолгГТУ
Tekutov Denis Mikhaylovich
VSTU

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ
MULTICRITERIA APPROACH TO OPTIMIZATION OF AUTOMATED FIRE PROTECTION SYSTEM

Аннотация. В статье описывается способ модернизации автоматизированной системы противопожарной защиты (АСПЗ) с использованием метода многокритериальной автоматизации.

Abstract. The article describes a method for upgrading an automated fire protection system using the multi-criteria automation method.

Ключевые слова: Автоматизированная система противопожарной защиты, многокритериальная оптимизация, критерии оптимизации, крупные промышленные объекты.

Keywords: Automated fire protection system, multi-criteria optimization, optimization criteria, large industrial facilities.

АСПЗ представляет собой сложную многоуровневую систему, входящую в автоматизированную систему управления крупного промышленного объекта. Она обеспечивает безопасность персонала, сохранность имущества и непрерывность технологических процессов. В связи с этим от нее требуется высокая степень надежности, адаптивности и функциональности [1].

Обычно, в условиях ограниченного финансирования, модернизация АСПЗ проводится не полностью, а частично, что порождает следующие проблемы:

– отсутствие объективного критерия для выбора очередности модернизации;

– трудности оценки эффективности улучшений по единственному показателю;

– не самую высокую вероятность распределения ресурсов, снижающую общую эффективность АСПЗ.

Кроме того, существующие методы модернизации зачастую опираются на экспертные мнения без формализованной поддержки принятия решений, что затрудняет обоснование технических и финансовых приоритетов.

Целью данной работы является повышение эффективности модернизации АСПЗ крупных промышленных объектов за счет определения оптимальных направлений и многокритериальной оптимизации.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1) провести анализ структуры и параметров АСПЗ как сложной технической системы, функционирующей во взаимодействии с другими подсистемами промышленного объекта;

2) определить множество критериев модернизации на основе функциональных, качественных и стоимостных показателей;

3) разработать алгоритм модернизации АСПЗ на основе метода многокритериальной оптимизации.

АСПЗ является сложным техническим объектом, который можно представить в виде математической модели, определяющей зависимость выходных параметров Y (t) от параметров составляющих элементов X (t) в момент времени t:

при
$$Y_j(t) = y\big(X(t)\big), j = \overline{1,m},$$
$$X(t) = [X_l(t), \dots, X_n(t)]^T,$$
$$Y(t) = [Y_l(t), \dots, Y_n(t)]^T.$$

Выходные параметры в данной модели отражают показатели качества, характеризующие корректность функционирования системы. Их значения зависят не только от характеристик отдельных элементов, но и от особенностей взаимосвязей между ними, то есть от конфигурации системы в целом. При фиксированном составе и структуре системы выходные параметры определяются исключительно входными воздействиями и параметрами внешней среды.

При модернизации или создании новой АСПЗ нельзя ее оценить только по одному показателю – существует множество параметров, часть из которых противоречивы. Поэтому наиболее эффективным методом оптимизации является компромиссная оптимизация.

Основной принцип этого метода заключается в нахождении оптимального решения путем назначения допустимых значений локальных критериев либо установления определенных весовых соотношений между локальными критериями [3]. В последнем случае формирование обобщенной целевой функции происходит через введение меры согласованности между всеми нормированными частными показателями качества и представления данной функции в виде свертки.

Постановка задачи оптимизации следующая:

Пусть $V = \{v_i\}, i = 1, 2, \dots, N,$

где V – множество допустимых вариантов отдельных мероприятий по модернизации или совершенствованию системы противопожарной защиты; N – общее количество рассматриваемых вариантов.

Решение задачи оптимизации сводится к определению варианта v^*, максимизацию интегрального критерия F:

$$v^* = \max F_i$$

где F_i – оператор свертки, агрегирующий оценки f_j по частным критериям каждой i-ой работы с учетом их значимости, выраженной через соответствующие весовые коэфициенты W_j,

$$F_i = F\left(W_1, W_2, \dots, W_j, \dots, W_m;\ f_1, f_2, \dots, f_j, \dots, f_m\right),$$

где m число частных параметров, используемых в системе оценки.

В качестве интегрального критерия используется взвешенная сумма частных критериев каждого варианта

$$F_i = \sum_{j=1}^{m} W_j f_j$$

Для получения результата, обладающим прикладной ценностью, важным является выбор показателей для оценки с их весовыми коэффициентами Wi.

В последствии, принимая во внимание технологические и инфрастуктурные особенности крупного промышленного объекта, выделяются три группы показателей: функциональные, качественные и стоимостные [2].

Функциональные показатели характеризуются временем обнаружения пожара, помехоустойчивостью и надежностью системы.

Качественные показатели характеризуются критериями удобства эксплуатации и адаптивности системы.

Стоимостные показатели характеризуются стоимостью модернизации и эксплуатационных расходов.

Каждому из критериев присваивается оценка по индивидуальной шкале, где максимальный параметр соответствует высокой степени улучшения, а минимальный – отсутствию изменений.

Интегральная оценка каждого варианта определяется посредством взвешенной сумму частных критериев. Для обеспечения корректности агрегирования сумма весовых коэффициентов W_j должна быть равна единице.

$$\sum_{j=1}^{m} W_j = 1$$

После расчета интегрального критерия для каждого из вариантов осуществляется их ранжирование в порядке убывания значений критерия. Окончательное решение о приоритетности проведения работ принимается руководством технической службы крупного промышленного объекта.

Данный метод предполагает создание алгоритма принятия оптимального решения (рисунок 1).

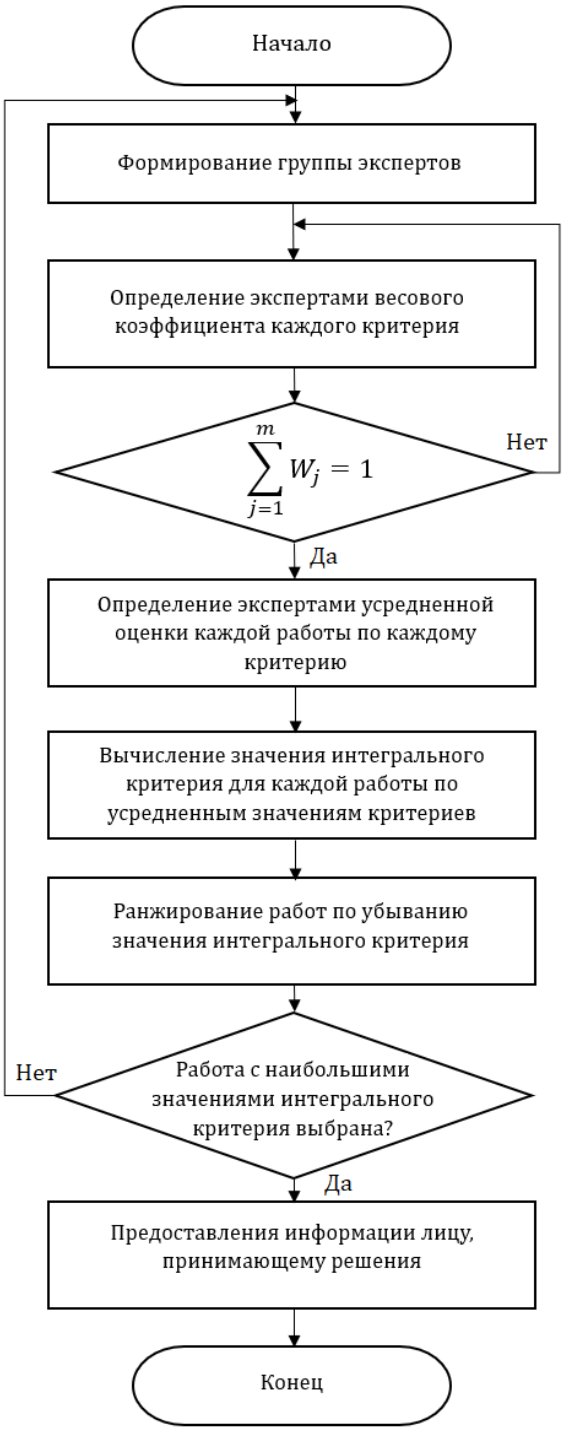

Рис. 1. – Алгоритм принятия оптимального решения на основе многокритериальной оптимизации

Таким образом, в результате проведенного исследования был разработан алгоритм многокритериальной оптимизации, который позволяет определить оптимальные направления модернизации АСПЗ крупных промышленных объектов. Данный метод позволяет не только оптимально распределить ресурсы, но и повысить эффективность процесса модернизации АСПЗ, что особенно важно в условиях ограниченного бюджета.

Список литературы:

1. Валиев Р. Р. Методика многокритериальной оценки эффективности принятия решений при тушении пожаров на объектах нефтегазовой промышленности / Р. Р. Валиев, И. Ф. Хафизов, Ф. Ш. Хафизов, А. А. Шарафутдинов // Безопасность труда в промышленности. – 2021. – № 4. – С. 63-69;

2. Буцынская Т. А. Применение метода векторной оптимизации при совершенствовании систем пожарной сигнализации / Т. А. Буцынская, С. Ю. Журавлев // Пожарная безопасность. – 2008. – № 1. – С. 93-97;

3. Тертерян А. С. Методы оптимизации многокритериальных задачах с использованием локальной качественной важности критериев / А. С. Тертерян // Проблемы управления в социально-экономических и технических системах: Материалы XVII Международной научно-практической конференции – Саратов: 2021. – ИЦ "Наука", 2021. – С. 415-423.