

УДК 614.849

**ОЦЕНКА ДОСТАТОЧНОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРИ
ТУШЕНИИ КРУПНЫХ ПОЖАРОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: СОВРЕМЕННЫЕ
МОДЕЛИ И МЕТОДЫ**

Сергей Геннадьевич Аксенов

доктор экономических наук, профессор

akseonov.s.g@gmail.com

Лиана Рашитовна Фаритова

студент

Уфимский университет науки и технологий

г. Уфа, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются основные модели и методы оценки достаточности водоснабжения при тушении крупных пожаров на предприятиях нефтехимической промышленности. Анализируются особенности данных объектов как потенциальных источников масштабных пожаров, а также роль воды в процессах гашения пламени, охлаждения конструкций и защиты персонала. Рассматриваются три основные категории методов оценки: эмпирические, теоретические и компьютерные модели. Особое внимание уделяется ограничениям существующих подходов и перспективным направлениям развития технологий для повышения эффективности планирования и управления водными ресурсами в условиях чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: пожарная безопасность, нефтехимическая промышленность, тушение пожаров, водоснабжение, моделирование.

Тушение крупных пожаров на предприятиях нефтехимической промышленности является одной из наиболее сложных задач для служб гражданской защиты. Особенность этих объектов заключается в высокой концентрации горючих веществ, взрывоопасных материалов и сложной технологической инфраструктуры. Одним из ключевых факторов успешного тушения пожара является обеспечение достаточного количества воды, что требует тщательного планирования и использования современных моделей и методов оценки водоснабжения. Данная статья посвящена обзору существующих подходов к решению этой проблемы, а также анализу их применимости в условиях реальных чрезвычайных ситуаций [1, 2].

Предприятия нефтехимической промышленности представляют собой уникальные объекты с высоким уровнем риска возникновения пожаров и взрывов. Основными причинами этого являются:

- присутствие большого количества легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (например, нефть, бензин, керосин);
- высокая температура процессов переработки сырья;
- сложная система трубопроводов, резервуаров и реакторов, где может происходить утечка или разрушение оборудования;
- наличие источников зажигания (электрические сети, открытый огонь).

В результате пожары на таких объектах часто принимают масштабный характер, требуя значительных усилий и ресурсов для ликвидации. Одним из основных компонентов тушения является вода, которая используется для снижения температуры, создания защитных завес и непосредственного гашения пламени.

Водоснабжение играет центральную роль в борьбе с пожарами на нефтехимических предприятиях. Основные функции воды включают:

- прямое гашение пламени: вода поглощает тепло, необходимое для поддержания горения;
- охлаждение конструкций: защита металлических резервуаров и трубопроводов от деформации и разрушения;

- создание паровых завес: уменьшение доступа кислорода к очагу горения;
- защита персонала и оборудования: создание безопасных зон для работы спасателей.

Однако объем потребляемой воды может достигать огромных значений. Например, для тушения одного резервуара с нефтью объемом 10 000 м³ может потребоваться до 500–1000 л/с воды. При этом важно обеспечить стабильное давление и постоянную подачу ресурса на протяжении всего периода тушения.

Для определения необходимого количества воды существует несколько методов, которые могут быть разделены на три основные категории: эмпирические, теоретические и компьютерные модели.

Эмпирические методы основаны на статистическом анализе данных, полученных во время реальных пожаров или испытаний. Они учитывают такие параметры, как площадь горения, тип горючего материала, количество пораженных объектов и условия окружающей среды. К примеру, международные стандарты, такие как NFPA 400 (National Fire Protection Association), предлагают формулы для расчета минимального расхода воды в зависимости от типа объекта и его размеров.

Однако эмпирические методы имеют ограничения, связанные с ограниченностью данных и невозможностью учета всех факторов, влияющих на развитие пожара.

Теоретические методы используют физические законы и математические модели для описания процессов, происходящих во время пожара. Они позволяют более точно прогнозировать динамику горения и потребности в воде. Основные направления теоретических исследований включают:

- расчет теплового потока от пламени;
- определение скорости испарения горючих жидкостей;
- анализ эффективности различных методов подачи воды;

Например, модель Франка Болтона (Bolton's model) позволяет рассчитать температуру пламени и скорость распространения огня на основе свойств

горючего материала и условий окружающей среды. Эти данные затем используются для оценки необходимого количества воды.

Компьютерные модели представляют собой современный инструмент для анализа пожаров и планирования операций по их тушению. Они позволяют создавать трехмерные симуляции развития пожара, учитывать множество переменных и тестировать различные сценарии. Популярные программы, такие как CFAST (Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport) и FDS (Fire Dynamics Simulator), широко применяются в научных исследованиях и практической деятельности.

Преимущества компьютерных моделей заключаются в их способности быстро обрабатывать большие объемы данных и предоставлять наглядные результаты. Однако их использование требует специальной подготовки и доступа к мощным вычислительным ресурсам.

Несмотря на наличие различных методов оценки достаточности водоснабжения, существуют ряд проблем, которые необходимо решать:

- недостаточная точность прогнозов: многие модели не учитывают все возможные факторы, влияющие на развитие пожара;
- ограниченные ресурсы: не все организации могут позволить себе внедрение сложных компьютерных систем;
- изменение характеристик объектов: технологическая модернизация предприятий может сделать старые модели некорректными;
- экологические последствия: использование большого количества воды может привести к загрязнению окружающей среды.

Для преодоления этих проблем необходимо развивать новые подходы и адаптировать существующие методы к меняющимся условиям.

В будущем можно ожидать появления следующих инноваций в области оценки достаточности водоснабжения:

- интеграция искусственного интеллекта: использование машинного обучения для анализа данных и автоматизации процессов принятия решений;

- развитие беспилотных технологий: применение дронов для мониторинга ситуации и корректировки планов тушения;

- улучшение систем управления водными ресурсами: создание более эффективных сетей водоснабжения с возможностью быстрой перенастройки.

Данные технологии помогут повысить эффективность борьбы с пожарами и снизить риск человеческих жертв и материальных потерь [3, 4].

Таким образом, тушение крупных пожаров на предприятиях нефтехимической промышленности остается сложной задачей, требующей комплексного подхода. Оценка достаточности водоснабжения играет ключевую роль в успехе этих операций. Современные методы, включая эмпирические, теоретические и компьютерные модели, предоставляют широкие возможности для анализа и планирования. Однако перед научным сообществом и практиками стоит задача дальнейшего совершенствования этих инструментов с учетом новых технологий и изменяющихся условий эксплуатации объектов.

Список литературы:

1. Аксенов С.Г., Курочкина А.С., Губайдуллина И.Н. Анализ и оценка последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами на промышленных предприятиях // Грузовик. 2022. №9. С. 41-43.

2. Пивоваров Н.Ю., Таранцев А.А. Моделирование систем наружного противопожарного водоснабжения для оценки достаточности водоотдачи при тушении крупных пожаров на предприятиях нефтехимической промышленности // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2013. С. 80-87.

3. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / М.: Стройиздат. 1978. 288 с.

4. Капустин В.М. Основы проектирования нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий: учебник и учебные пособия для студентов высших учебных заведений // М.: Химия (РГУ нефти и газа им. Губкина). 2012. 440 с.

UDC 614.849

**ASSESSMENT OF THE SUFFICIENCY OF WATER SUPPLY IN
EXTINGUISHING LARGE FIRES IN THE PETROCHEMICAL INDUSTRY:
MODERN MODELS AND METHODS**

Sergey G. Aksenov

doctor of economics, professor

akseonov.s.g@gmail.com

Liana R. Faritova

student

Ufa University of Science and Technology

Ufa, Russia

Annotation. The article discusses the main models and methods for assessing the sufficiency of water supply in extinguishing large fires in the petrochemical industry. The article analyzes the features of these facilities as potential sources of large-scale fires, as well as the role of water in flame extinguishing, cooling structures and protecting personnel. Three main categories of assessment methods are considered: empirical, theoretical and computer models. Special attention is paid to the limitations of existing approaches and promising areas of technology development to improve the efficiency of water resources planning and management in emergency situations.

Keywords: fire safety, petrochemical industry, fire extinguishing, water supply, modeling.

Статья поступила в редакцию 30.01.2025; одобрена после рецензирования 21.03.2025; принята к публикации 31.03.2025.

The article was submitted 30.01.2025; approved after reviewing 21.03.2025; accepted for publication 31.03.2025.