

Лутфуллин Данияр Ленарович,
студент Высшая школа нефти,
АГТУ ВШН «Альметьевский государственный
технологический университет»

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ И СТАТИСТИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТАХ

Аннотация. В статье рассматривается применение методов теории вероятностей и математической статистики для анализа и прогнозирования аварийных ситуаций на объектах нефтегазовой отрасли. Описаны основные статистические подходы к обработке данных о технологических сбоях, отказах оборудования и внештатных ситуациях, а также методы оценки рисков возникновения аварий [1].

На примере реальных инцидентов продемонстрировано, как вероятностные модели позволяют выявлять ключевые факторы, влияющие на безопасность эксплуатации, и разрабатывать эффективные меры по снижению вероятности аварий. Особое внимание уделено построению прогнозных моделей, анализу временных рядов и применению байесовских сетей для комплексной оценки рисков. Результаты исследования могут быть использованы для повышения надёжности и безопасности нефтегазовых объектов, а также для оптимизации процессов управления промышленной безопасностью [2].

Ключевые слова: Теория вероятностей, мат статистика, оценка рисков, технологические сбои, расчет вероятности, байесовские сети, доверительный интервал, аварийные ситуации.

Расчёт вероятности и оценки риска аварийной ситуации на нефтегазовом объекте

Предположим, на нефтегазовом объекте за последние 5 лет (60 месяцев) произошло 4 аварии, связанных с отказом определённого типа оборудования.

Общее время наблюдения: $T = 60$ месяцев.

Количество аварий: $n = 4$.

Частота аварий (λ) рассчитывается как отношение числа аварий к общему времени наблюдения:

$$\lambda = \frac{n}{T} = \frac{4}{60} \approx 0,067 \text{ аварий/месяц} \quad (1)$$

Расчёт вероятности хотя бы одной аварии за месяц

Для редких событий вероятность хотя бы одной аварии за месяц можно оценить по формуле Пуассона:

$$P(k \geq 1) = 1 - P(k = 0) = 1 - e^{-\lambda} \quad (2)$$

Подставляем значение λ :

$$P(k \geq 1) = 1 - e^{-0,067} \approx 1 - 0,935 = 0,065 \quad (3)$$

Вывод: вероятность хотя бы одной аварии данного типа в течение месяца составляет примерно 6,5% [3].

Оценка риска за год

Риск (R) за год (12 месяцев) можно рассчитать как:

$$R = 1 - e^{-\lambda \cdot 12} \quad (4)$$

$$R = 1 - e^{-0,067 \cdot 12} = 1 - e^{-0,804} \approx 1 - 0,447 = 0,553 \quad (5)$$

Вывод: вероятность хотя бы одной аварии за год составляет примерно 55,3%.



Построение доверительного интервала для частоты аварий

Для оценки точности расчёта построим 95%-доверительный интервал для λ по распределению Пуассона:

Нижняя граница:

$$\lambda_{min} = \frac{\chi_{2n,0,025}^2}{2T} \quad (6)$$

Верхняя граница:

$$\lambda_{max} = \frac{\chi_{2(n+1),0,975}^2}{2T} \quad (7)$$

Для $n = 4, T = 60$:

$$\chi_{8,0,025}^2 \approx 2,18$$

$$\chi_{10,0,975}^2 \approx 20,48$$

$$\lambda_{min} = \frac{2,18}{2 \cdot 60} \approx 0,018 \quad (8)$$

$$\lambda_{max} = \frac{20,48}{2 \cdot 60} \approx 0,17199 \quad (9)$$

Вывод: с вероятностью 95% истинная частота аварий лежит в интервале 0,018–0,171 аварий/месяц [4].

Практическое применение

Полученные расчёты позволяют:

- Оценить уровень риска для конкретного оборудования.
- Сформировать приоритеты для профилактических мероприятий.
- Обосновать инвестиции в модернизацию или замену оборудования.
- Прогнозировать потребность в ресурсах для ликвидации последствий аварий

Список литературы:

1. Ковалевский, А. Специальные главы математического анализа. Теория вероятностей / А. Ковалевский, Н. Закревская. – 2022. – 9 с [1].
2. Матальцкий, М. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы / М. Матальцкий, Г. Хацкевич. – 2016. – 75 с [2].
3. Нефтяная промышленность России – сценарии сбалансированного развития. – 2013. – 159 с. – Москва: Институт энергетической стратегии [3].
4. Далингер, В. Теория вероятностей и математическая статистика с применением MathCAD: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / В. Далингер, С. Симонженков, Б. Галюкшов. – 2-е изд., испр. и доп. – 2016. – 15 с [4].

