

УДК 005.6 (005.334): 621.9.047

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО МЕТОДА
ОЦЕНКИ РИСКОВ HAZOP И FMEA В ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(НА ПРИМЕРЕ ГАЗОКИСЛОРОДНОЙ РЕЗКИ)

Я. И. ТИШКОВА

Научный руководитель Е. В. ОВЧИННИКОВ, д-р техн. наук, проф.
Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Беларусь

Актуальность. Внедрение риск-ориентированного мышления, предписываемое СТБ ISO 9001–2015 [1], требует от промышленных организаций системного подхода к идентификации, оценке и управлению производственными рисками [1]. Наиболее распространёнными методами оценки рисков являются HAZOP (анализ опасностей и работоспособности) и FMEA (анализ видов и последствий отказов) [2]. Однако их раздельное применение имеет методологические ограничения: HAZOP эффективен для выявления отклонений на уровне процесса, но не даёт количественной оценки критичности; FMEA обеспечивает ранжирование рисков, но требует предварительно сформированного перечня отказов компонентов. В связи с этим актуальной задачей является демонстрация эффективного функционирования слияния этих двух методов.

Цель исследования – продемонстрировать эффективность применения на производстве интегрированного метода HAZOP и FMEA (на примере газокислородной резки).

Материалы и методы исследования. Исследование базируется на систематическом анализе нормативно-технической документации (СТБ ISO 9001–2015, ГОСТ Р 27.012–2019, ГОСТ Р 27.303–2021, ТКП 563–2014, постановление МЧС Республики Беларусь № 82) и практических данных, полученных при эксплуатации передвижных постов газокислородной резки. Методологическую основу составили HAZOP – для идентификации отклонений технологического процесса и FMEA – для идентификации отказов компонентов и количественной оценки критичности выявленных отказов с расчётом приоритетного числа риска (RPN) [2–4].

Результаты и обсуждение. На основе выделенных рисков и с учётом требований риск-ориентированного мышления анализ процесса осуществляется по следующему алгоритму комплексного применения HAZOP и FMEA для оценки производственных рисков, состоящему из шести этапов.

Этап 1. Подготовка. Заключается в определении границ анализа (цех/объект строительства/технологическая линия) и формировании рабочей команды.

Этап 2. Анализ процесса по методу HAZOP (процессный анализ).

Разделить технологическую линию или процесс на узлы (например, «пост плазменной резки», «пост газокислородной резки» и т. п.).

Перечень потенциальных отклонений приведён на рис. 1.

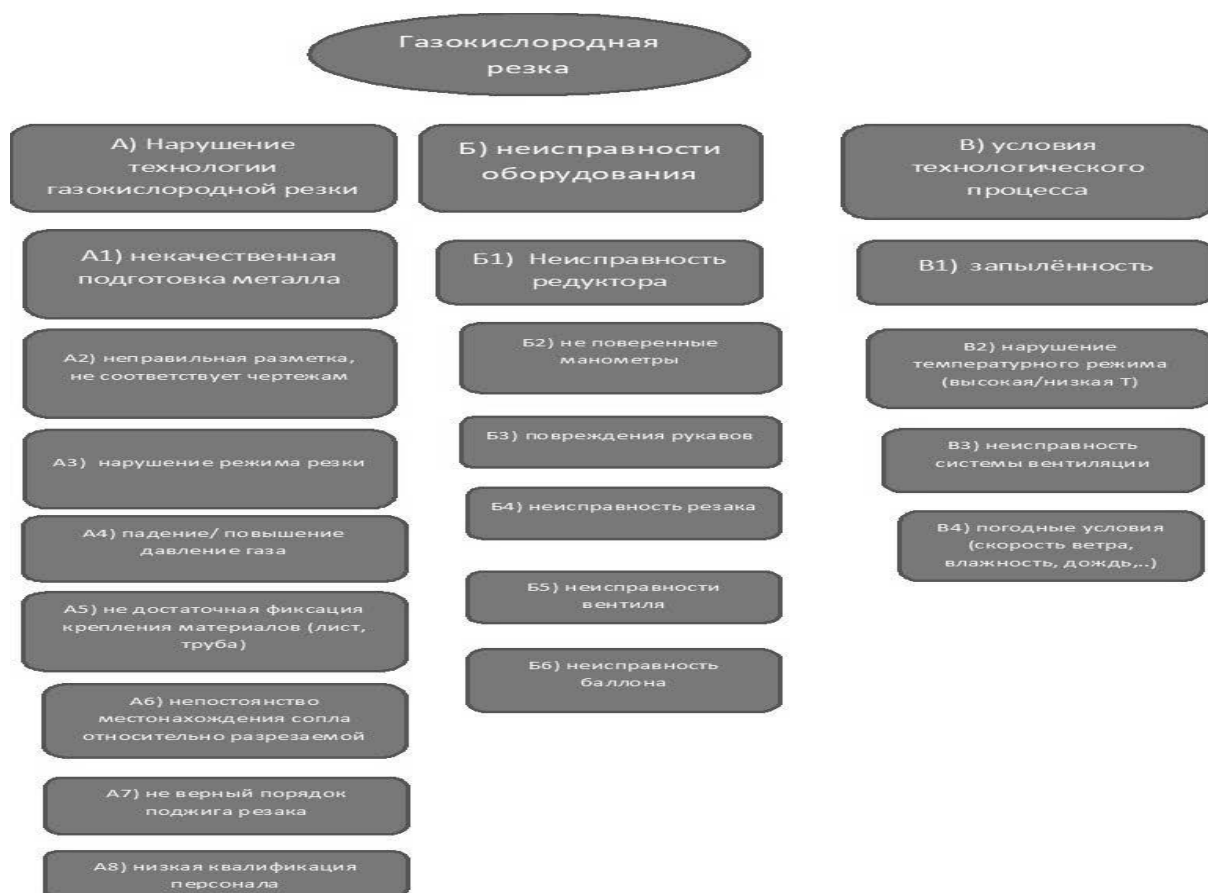


Рис. 1. Оценка рисков при газопламенной обработке металлов (газокислородная резка) на производстве

Этап 3. Анализ процесса по методу FMEA (компонентный анализ). Описывается как структурированный перечень отказов [3]. Рассмотрим этот этап на примере выявленного методом HAZOP отклонения A4.

Уровень процесса: передвижной пост газокислородной резки.

A4 Отклонение (инцидент): отсутствует подача газа/ падение давления газа в баллоне. *Последствия:* обратный удар с возможным последующим разрушением резака и редуктора, баллона; разрыв рукавов.

Причины: давление в баллоне составляет менее 0,005 МПа, утечка газа, неисправность редуктора.

Этап 4. Для каждого отказа присваиваются числовые значения по трём шкалам (от 1 до 10): Severity (*S*) – тяжесть последствий, Occurrence (*O*) – вероятность возникновения, Detection (*D*) – вероятность обнаружения. Для рассматриваемого примера $S = 8$ (обратный удар с разрушением оборудования и травмированием), $O = 4$ (средняя вероятность при нарушении контроля), $D = 5$ (визуальный контроль не гарантирует 100 % обнаружения).

Этап 5. Поиск приоритетного числа риска. FMEA предполагает расчёт приоритетного числа риска (RPN – Risk Priority Number) [3].

Общая формула ранга приоритетности риска (RPN) – это произведение рангов значимости последствий, вероятности возникновения отказа и обнаруживаемости отказа [3]:

$$RPN = S \times O \times D,$$

$$RPN = 8 \times 4 \times 5 = 160.$$

Полученное значение $RPN = 160$ указывает на необходимость разработки корректирующих мероприятий.

Этап 6. Разработка корректирующих мероприятий для отказов с наибольшим RPN .

В данном рассматриваемом примере итоговой рекомендацией является следующее: установить огнепреградительные клапана; 100 % визуального осмотра; иметь на площадке резервный баллон [5].

Этап 7. Документальное оформление с повторной оценкой рисков после внедрения мероприятий (пересчёт RPN). Подтверждение эффективности мероприятий. *Тяжесть последствий $S = 1$. Вероятность возникновения отказа $O = 2$. Вероятность обнаружения отказа $D = 2$.*

$$RPN = 1 \times 2 \times 2 = 4.$$

Полученное значение $RPN = 4$ указывает на эффективность разработанных корректирующих мероприятий.

Ключевой принцип интеграции: HAZOP выполняет функцию «генератора» потенциальных опасностей и отклонений, а FMEA – функцию «оценщика» критичности каждого выявленного отказа с присвоением численного приоритета. Такой подход позволяет не только выявить риски, но и обоснованно распределить ресурсы на их предотвращение.

Заключение. Исследование на примере газокислородной резки показывает, что слияние методов HAZOP и FMEA позволяет повысить полноту идентификации рисков и установить наиболее действенные и приоритетные корректирующие мероприятия по сравнению с отдельным применением методов.

Комплексное применение методов HAZOP и FMEA позволяет создать многоуровневую систему идентификации и анализа опасностей, охватывающую все стадии жизненного цикла производственного объекта [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система менеджмента качества. Требования : СТБ ISO9001–2015.
2. Надежность в технике. Анализ опасности и работоспособности (HAZOP) [IEC 61882:2016, Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide, MOD] : ГОСТ Р 27.012–2019. – URL: <https://gostinform.ru/razdel-oks-03-120-01/gost-r-27-012-2019-obj60155.html> (дата обращения: 30.03.2026).
3. Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов (IEC 60812:2018, Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA), MOD) : ГОСТ Р 27.303–2021. – URL: https://gostassist.ru/doc/fdbcb82c-b019-44f2-9025-65594df5a5ae?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (дата обращения: 11.07.2026).
4. Надежность в технике. Методы оценки рисков. Dependability in technics. Risk assessment techniques (IEC 31010:2019, Risk management -Risk assessment techniques, IDT) : ГОСТ Р МЭК 31010–2021. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document/9/430569-nadezhnost-v-tekhnike-metody-otsenki-riska-gost-r-mek-31010-2021> (дата обращения: 30.03.2026).
5. Требования безопасности при выполнении сварочных работ : ТКП 563–2014 (02260). – URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=w614p0103> (дата обращения: 11.07.2026).