

РАЗДЕЛ 4

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ, ХРАНЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗА, НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

УДК 658.382:005.8

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДА «АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ И РАБОТОСПОСОБНОСТИ» НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

О. И. ДРОНЯЕВ

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,
Москва, Россия

Аннотация. В настоящее время в международной практике одним из самых распространенных методов анализа риска на этапе проектирования, направленного на предупреждение аварий на объектах транспортирования, хранения и распределения газа, нефти, нефтепродуктов и других опасных производственных объектах, является метод «Анализ опасности и работоспособности». Для ускорения и облегчения процесса подготовки рабочих материалов к собраниям метода «Анализ опасности и работоспособности» в работе представлены рекомендации в части применения трех классификаторов – классификатор типового оборудования, классификатор отклонений для типового оборудования, классификатор типовых причин реализации отклонений.

Ключевые слова: метод «Анализ опасности и работоспособности», «Hazard and operability studies» (HAZOP), классификатор типового оборудования, классификатор отклонений для типового оборудования, классификатор типовых причин реализации отклонений.

Введение. Проектирование любого опасного производственного объекта представляет собой самый сложный процесс, где воедино пересекаются задачи эффективности производства, экономической целесообразности, надежности оборудования. Однако среди этих задач одним из главных приоритетов является обеспечение безопасности человека и окружающей среды. На сегодняшний день поддержание необходимого уровня производственной безопасности во многом основывается на результатах анализа риска.

В международной практике на этапе проектирования для предупреждения аварий на объектах транспортирования, хранения и распределения газа, нефти, нефтепродуктов и других опасных производственных объектах используются различные методы анализа риска. Широкоприменяемые и современные методы анализа риска описаны в международном стандарте [1], а также в зарубежных практиках, к примеру публикации института инженеров-химиков в Великобритании (Institution of Chemical Engineers, IChemE) [2] и центра безопасности химических процессов в Америке (Center for Chemical Process Safety, CCPS) [3, 4]. Наиболее распространенные методы – это метод «Проверочного листа» (Check-List) и метод «Что будет, если...?» (What – If), метод «Идентификация опасностей технологического объекта» (HAZID – HAZard Identification), метод «Анализ вида и последствий отказов» и метод «Анализа вида, последствий и критичности отказа» (FMEA – Failure mode and effects analysis и FMECA – Failure Mode, Effects and Critical Analysis); метод «Анализ опасности и работоспособности» (HAZOP – HAZard and OPerability

Study), метод «Анализ дерева отказов» (FTA – Fault Tree Analysis), метод «Анализ дерева событий» (ETA – Event Tree Analysis), метод «Анализ слоев защиты» (LOPA – Layers of Protection Analysis), метод «Выбор уровней полноты безопасности» (SIL – Safety Integrity Level), метод «галстук-бабочка» (Bow-Tie Analysis), Количественная оценка рисков (QRA – Quantitative Risk Assessment).

К примеру, в Российской Федерации применение методов анализа риска на стадии проектирования определяется требованиями промышленной безопасности [5]. Проектные решения, связанные с разработкой технологического процесса, разделением технологической схемы производства на отдельные технологические блоки, применением технологического оборудования, выбором противоаварийной автоматической защиты должны быть обоснованы с применением методов анализа риска, которые включают анализ опасностей технологических процессов. Стоит отметить, что хоть требования промышленной безопасности [5] и не устанавливают требований к применению конкретного метода в области анализа риска отмечено, что метод HAZOP в данном случае выбирают и используют чаще чем другие методы, а в [5, 6] указано, что метод является приоритетным специальным методом анализа риска аварий при идентификации опасностей технологических процессов. Распространенность и востребованность метода HAZOP на этапе проектирования опасных производственных объектов также подтверждается международными практиками [1–4].

Метод HAZOP применяется для тщательного систематического анализа опасностей технологического процесса на предмет того, могут ли отклонения от регламентных режимов привести к нежелательным последствиям. В ходе анализа с помощью рабочих материалов (таблиц и технологических схем) рассматривается каждый технологический узел или отдельная процедура по очереди на предмет потенциально опасных отклонений в технологическом процессе, которые формулируются на основании набора заранее установленных ключевых слов, а также составляется перечень потенциальных причин и последствий отклонения, существующих мер защиты. По итогам проведенного анализа рабочая группа, состоящая из высококвалифицированных специалистов, основываясь на рабочем опыте и знаниях, экспертно разработывает рекомендации (дополнительные меры защиты), направленные на предупреждение возникновения отклонений или на смягчение последствий при их реализации [7].

Для ускорения и облегчения процесса подготовки рабочих материалов к собраниям метода HAZOP разработано три классификатора – классификатор типового оборудования, классификатор отклонений для типового оборудования, классификатор типовых причин реализации отклонений.

Становление метода HAZOP. Основы методологии HAZOP были разработаны британской компанией «Imperial Chemical industries» (ICI) в 1963 году при проектировании установки по производству фенола и ацетона кумольным методом [8]. В это время было популярно изучение метода критического анализа «Critical examination». Критический анализ – это формальный метод изучения деятельности и выработки альтернатив путем постановки вопросов «Что достигнуто?», «Чего еще можно достичь?», «Чего следует достичь?», «Как это достигается?» и так далее.

Метод критического анализа был дополнительно усовершенствован внутри ICI и опубликован Гербертом Лоули в апреле 1974 года под названием «Исследование работоспособности и анализ опасности» (Operability studies and hazard analysis) [9]. После аварии, произошедшей первого июня 1974 года на заводе «Nyrco» во Фликсборо [10, 11], метод HAZOP стал все более широко применяться для анализа опасностей технологических процессов. Данная авария вызвала большой резонанс в мире и в 1977 году ICI совместно с Ассоциацией химической промышленности (Chemical Industries Association, CIA) выпустили первое руководство по методу HAZOP [12].

Спустя 22 года после публикации первого руководства [12] было принято решение о написании нового руководства с использованием передовых практик на основе накопленного опыта

за этот период, как положительного, так и негативного. В подготовке приняли участие в общей сложности 31 компания и в 2000 году было опубликовано новое руководство по «Аналізу опасности и работоспособности», как совместный проект IChemE, CIA и Европейского центра безопасности технологических процессов (European Process Safety Centre, EPSC) [13]. Расширенное третье издание данной работы вышло в 2015 году [14]. В 2016 году выходит международный стандарт, посвященный методологии HAZOP [15].

На сегодняшний день метод HAZOP активно модернизируется и развивается. К примеру, в руководстве 2021 года представлен метод «Delta HAZOP», предназначенный для проверки и уточнения результатов проведенного исследования классического HAZOP в случае внедрения изменений в проект или эксплуатирующийся объект [16], а в публикации IChemE 2022 года представлено подробное описание деятельности лидера исследования HAZOP [17].

Становление метода HAZOP более подробно раскрывается в работе автора [18].

Суть метода HAZOP. Метод базируется на принципе, что команда специалистов с разно-сторонней подготовкой и опытом могут взаимодействовать в креативной и систематической манере, анализируя опасности технологического процесса, возникающие при отклонениях в режиме работы. Основным преимуществом коллективного обсуждения, связанного с методом HAZOP, является то, что оно стимулирует креативность и позволяет формулировать новые идеи. В ICI при разработке метода HAZOP с самого начала подчеркивалось, что метод применяется междисциплинарной командой специалистов.

Систематичность метода обеспечивается последовательным применением к технологическим узлам процесса ключевых слов в совокупности с технологическими параметрами, которые в дальнейшем анализируются при идентификации опасных отклонений с точки зрения причинения вреда людям, окружающей среде, включая сопутствующий вред для бизнеса. Характерными для метода HAZOP являются следующие параметры – расход, давление, температура, уровень. Например, комбинация параметра процесса УРОВЕНЬ и ключевого слова ВЫШЕ формирует отклонение УРОВЕНЬ ВЫШЕ.

Работы с применением метода HAZOP рекомендуется выполнять группой специалистов из 5–10 человек, включая проектировщиков, инженеров-технологов, инженеров-механиков, специалистов автоматизированных систем управления технологическими процессами и контрольно-измерительными приборами и автоматикой, специалистов по промышленной и пожарной безопасности, представителей заказчика и эксплуатирующей организации, под руководством представителя независимой экспертной организации [6].

Метод HAZOP принципиально отличается от других методов анализа риска тем, что большинство других методов могут быть проведены одним человеком или небольшой группой (2–3 человека) с обобщением результатов, в то время как для эффективного применения метода HAZOP необходима команда разно-сторонних специалистов, обладающих экспертными знаниями и умениями, результаты которого формируются на основе системного анализа с учетом разно-сторонности мнений и знаний специалистов. Креативность метода HAZOP является результатом взаимодействия команды специалистов, что создает возможность мозгового штурма, симуляции и генерации новых идей. По сути, заключения в методе HAZOP обладают эмерджентными свойствами, которых фактически лишены результаты других методов идентификации опасностей.

Суть метода HAZOP более подробно раскрывается в работах автора [7, 19].

Применение классификаторов для подготовки рабочих материалов к собраниям. В настоящее время подготовка рабочих таблиц метода HAZOP к собраниям, содержащих перечни оборудования, отклонений, потенциальных причин и последствий отклонения, заложенных мер защиты, чаще всего осуществляется в программном инструменте Microsoft Excel без применения

специализированных классификаторов, что требует значительных трудозатрат в особенности при исследовании крупных опасных производственных объектов.

Для ускорения и облегчения процесса подготовки рабочих материалов к собраниям, а также для возможности дальнейшей автоматизации и цифровизации проводимых исследований HAZOP, предлагается использование трех классификаторов – классификатор типового оборудования, классификатор отклонений для типового оборудования, классификатор типовых причин реализации отклонений.

Классификатор типового оборудования на текущий момент включает 66 индивидуальных типов оборудования и позволяет провести классификацию, обобщение и унификацию оборудования на основе выявления общих конструктивных, технологических, эксплуатационных и функциональных признаков. Ниже в таблице 1 представлен фрагмент классификатора типового оборудования для пяти типов оборудования.

Таблица 1. – Фрагмент классификатора типового оборудования

№	Тип оборудования	Назначение оборудования
1	Абсорбер	Очистка газовых смесей от компонентов путем поглощения жидкостью (абсорбентом)
2	Компрессор	Сжатие и подача газов и паров под давлением для технологических нужд или транспортировки
3	Насос	Перекачивание жидкостей, реже суспензий и шламов, путем сообщения им кинетической энергии
4	Резервуар одностенный	Имеется одна оболочка, предназначенная для хранения жидкости. Вторая (внешняя) оболочка может присутствовать, однако она обеспечивает защиту только от воздействия окружающей среды и при разрушении внутренней оболочки не может удерживать ни газ, ни жидкость
5	Сепаратор	Разделение неоднородных сред (жидкость–газ, жидкость–жидкость, жидкость–твердое) под действием сил тяжести, центробежных сил или других методов

Классификатор отклонений для типового оборудования включает 28 уникальных отклонений для 66 типов оборудования и позволяет идентифицировать набор отклонений от регламентных режимов для каждого типа оборудования. Ниже в таблице 2 представлен фрагмент классификатора отклонений для пяти типов оборудования, рассматриваемых в таблице 1.

Таблица 2. – Фрагмент классификатора отклонений для типового оборудования

№	Тип оборудования	Набор отклонений
1	2	3
1	Абсорбер	ТЕМПЕРАТУРА БОЛЬШЕ; ПОКАЗАТЕЛЬ pH (КИСЛОТНОСТИ) БОЛЬШЕ; РАСХОД БОЛЬШЕ; УРОВЕНЬ ВЫШЕ; ДАВЛЕНИЕ БОЛЬШЕ; ДЕФЕКТ В МАТЕРИАЛЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАЛИЧИЕ (ДА); ЗАГРЯЗНЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА НАЛИЧИЕ (ДА); КОРРОЗИЯ НАЛИЧИЕ (ДА); КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА НЕПРАВИЛЬНЫЙ; ТЕМПЕРАТУРА МЕНЬШЕ; ПОКАЗАТЕЛЬ pH (КИСЛОТНОСТИ) МЕНЬШЕ; РАСХОД МЕНЬШЕ; УРОВЕНЬ НИЖЕ; ДАВЛЕНИЕ МЕНЬШЕ; ОБРУШЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НАЛИЧИЕ (ДА); РАСХОД НЕПРАВИЛЬНЫЙ; РАСХОД ОБРАТНЫЙ; РАСХОД ОТСУТСТВИЕ; ЭРОЗИЯ НАЛИЧИЕ (ДА)

Окончание таблицы 2

1	2	3
2	Компрессор	ТЕМПЕРАТУРА БОЛЬШЕ; РАСХОД БОЛЬШЕ; ДАВЛЕНИЕ БОЛЬШЕ; ДЕФЕКТ В МАТЕРИАЛЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАЛИЧИЕ (ДА); ЗАГРЯЗНЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА НАЛИЧИЕ (ДА); КОРРОЗИЯ НАЛИЧИЕ (ДА); КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА НЕПРАВИЛЬНЫЙ; ТЕМПЕРАТУРА МЕНЬШЕ; РАСХОД МЕНЬШЕ; ДАВЛЕНИЕ МЕНЬШЕ; РАСХОД НЕПРАВИЛЬНЫЙ; ОСЕВОЕ СМЕЩЕНИЕ БОЛЬШЕ; ВИБРАЦИЯ БОЛЬШЕ; РАСХОД ОБРАТНЫЙ; РАСХОД ОТСУТСТВИЕ; ЭРОЗИЯ НАЛИЧИЕ (ДА)
3	Насос	ТЕМПЕРАТУРА БОЛЬШЕ; ПОКАЗАТЕЛЬ PH (КИСЛОТНОСТИ) БОЛЬШЕ; РАСХОД БОЛЬШЕ; ДАВЛЕНИЕ БОЛЬШЕ; ДЕФЕКТ В МАТЕРИАЛЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАЛИЧИЕ (ДА); ЗАГРЯЗНЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА НАЛИЧИЕ (ДА); КОРРОЗИЯ НАЛИЧИЕ (ДА); КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА НЕПРАВИЛЬНЫЙ; ТЕМПЕРАТУРА МЕНЬШЕ; ПОКАЗАТЕЛЬ PH (КИСЛОТНОСТИ) МЕНЬШЕ; РАСХОД МЕНЬШЕ; ДАВЛЕНИЕ МЕНЬШЕ; РАСХОД НЕПРАВИЛЬНЫЙ; ОСЕВОЕ СМЕЩЕНИЕ БОЛЬШЕ; ВИБРАЦИЯ БОЛЬШЕ; РАСХОД ОБРАТНЫЙ; РАСХОД ОТСУТСТВИЕ; ЭРОЗИЯ НАЛИЧИЕ (ДА)
4	Резервуар одностенный	ТЕМПЕРАТУРА БОЛЬШЕ; РАСХОД БОЛЬШЕ; УРОВЕНЬ ВЫШЕ; ДАВЛЕНИЕ БОЛЬШЕ; ДЕФЕКТ В МАТЕРИАЛЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАЛИЧИЕ (ДА); ЗАГРЯЗНЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА НАЛИЧИЕ (ДА); КОРРОЗИЯ НАЛИЧИЕ (ДА); КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА НЕПРАВИЛЬНЫЙ; ТЕМПЕРАТУРА МЕНЬШЕ; РАСХОД МЕНЬШЕ; УРОВЕНЬ НИЖЕ; ДАВЛЕНИЕ МЕНЬШЕ; ОБРУШЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НАЛИЧИЕ (ДА); РАСХОД (НЕПРАВИЛЬНО НАПРАВЛЕННЫЙ ПОТОК); РАСХОД ОБРАТНЫЙ; РАСХОД ОТСУТСТВИЕ; ЭРОЗИЯ НАЛИЧИЕ (ДА)
5	Сепаратор	ТЕМПЕРАТУРА БОЛЬШЕ; РАСХОД БОЛЬШЕ; УРОВЕНЬ ВЫШЕ; ДАВЛЕНИЕ БОЛЬШЕ; ДЕФЕКТ В МАТЕРИАЛЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАЛИЧИЕ (ДА); ЗАГРЯЗНЕНИЕ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА НАЛИЧИЕ (ДА); КОРРОЗИЯ НАЛИЧИЕ (ДА); КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ МАТЕРИАЛЬНОГО ПОТОКА НЕПРАВИЛЬНЫЙ; ТЕМПЕРАТУРА МЕНЬШЕ; РАСХОД МЕНЬШЕ; УРОВЕНЬ НИЖЕ; ДАВЛЕНИЕ МЕНЬШЕ; РАСХОД НЕПРАВИЛЬНЫЙ; РАСХОД ОБРАТНЫЙ; РАСХОД ОТСУТСТВИЕ; ЭРОЗИЯ НАЛИЧИЕ (ДА)

Классификатор типовых причин реализации отклонений содержит 230 уникальных причин для 28 типов отклонений и позволяет идентифицировать набор причин реализации отклонений для каждого отклонения. Ниже в таблице 3 представлен фрагмент классификатора типовых причин реализации отклонений для пяти индивидуальных отклонений, рассматриваемых в таблице 2.

Таблица 3. – Фрагмент классификатора типовых причин реализации отклонений

№	Тип и описание отклонения	Набор причин реализации отклонений
1	<p>ТЕМПЕРАТУРА БОЛЬШЕ <i>Описание:</i> повышение температуры материального потока относительно нормального режима функционирования (выход за регламентные нормы технологического процесса)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пожарная ситуация; 2. Окружающие условия; 3. Теплота реакции; 4. Ошибка оператора дистанционного пульта управления; 5. Отказ системы управления теплообменником; 6. Засорение или отказ трубок теплообменника; 7. Внутренние возгорания; 8. Разложение или неконтролируемая реакция; 9. Утечка теплоносителя в процесс; 10. Сбои в автоматизированной системе управления технологическими процессами или системе противоаварийной защиты; 11. Трение
2	<p>УРОВЕНЬ ВЫШЕ <i>Описание:</i> повышение уровня материального потока относительно нормального режима функционирования (выход за регламентные нормы технологического процесса)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отсечение или закупорка выпускного отверстия; 2. Ошибочное измерение уровня; 3. Ошибка оператора дистанционного пульта управления; 4. Переливание жидкости из сосуда; 5. Отключенный сигнализатор уровня; 6. Недостаточное время для реагирования; 7. Сбои в автоматизированной системе управления технологическими процессами или системе противоаварийной защиты; 8. Увеличение расхода / производительности насоса
3	<p>ДЕФЕКТ В МАТЕРИАЛЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАЛИЧИЕ (ДА) <i>Описание:</i> Материал изготовления оборудования отличается от требуемого по спецификации из-за наличия дефекта или постороннего вещества</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Окружающие условия; 2. Несоблюдение условий хранения / эксплуатации; 3. Поставка контрафактного или более дешевого некондиционного материала; 4. Наличие скрытого дефекта; 5. Несвоевременное осуществление технического обслуживания и ремонта.
4	<p>ТЕМПЕРАТУРА МЕНЬШЕ <i>Описание:</i> понижение температуры материального потока относительно нормального режима функционирования (выход за регламентные нормы технологического процесса)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Окружающие условия; 2. Засорение или отказ трубок теплообменника; 3. Эндотермическая реакция 4. Ошибка оператора дистанционного пульта управления; 5. Сбои в автоматизированной системе управления технологическими процессами или системе противоаварийной защиты; 6. Теплотери
5	<p>РАСХОД ОБРАТНЫЙ <i>Описание:</i> наличие обратного потока в исследуемом оборудовании</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неисправность, неправильный, отсутствующий или не тот тип обратных клапанов; 2. Эффект сифона; 3. Неправильная компоновка или неправильно направленный поток; 4. Соединения со вспомогательными системами (вода, азот, системы промывки и т.д.)

Стоит отметить, что классификаторы постоянно расширяются и дополняются в зависимости от количества проведенных исследований HAZOP для различных опасных производственных объектов на стадии проектирования, что позволяет накапливать базу данных о различных типах оборудования, потенциальных отклонениях и причин реализации данных отклонений. Таким образом, повторное использование метода HAZOP для аналогичного опасного производственного объекта, который был исследован ранее, потребует значительно меньше трудозатрат.

Содержательная часть классификаторов подлежит верификации со специалистами проектных институтов и эксплуатируемых производственных объектов для учета специфики исследуемого проекта. При необходимости в содержательную часть классификаторов вносятся соответствующие дополнения.

Заключение. Для ускорения и облегчения процесса подготовки рабочих материалов к собраниям метода HAZOP в работе представлены рекомендации в части применения трех классификаторов – классификатор типового оборудования, классификатор отклонений для типового оборудования, классификатор типовых причин реализации отклонений.

Классификаторы позволяют накапливать базу данных о различных типах оборудования, потенциальных отклонениях и причин реализации данных отклонений, что значительно снижает трудозатраты на формирование рабочих таблиц метода HAZOP для исследуемых проектируемых опасных производственных объектов.

Содержательную часть классификаторов также можно использовать для дальнейшей автоматизации и цифровизации проводимых исследований HAZOP, что позволит еще в большей мере снизить прилагаемые трудозатраты.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEC 61511-3:2016 ED2. Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – Part 3: Guidance for the determination of the required safety integrity levels.
2. F. Crawley, A Guide to Hazard Identification Methods, Second edition, Elsevier, 2020, ISBN: 978-0-12-819543-7.
3. Center for Chemical Process Safety, Process Safety for Engineers An Introduction, 2022, ISBN: 9781119830986.
4. Center for Chemical Process Safety, Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, 3rd Edition, 2008, ISBN 978-0-471-97815-2.
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», утвержденные приказом Ростехнадзора от 15 декабря 2020 года № 533.
6. Приказ Ростехнадзора от 03.11.2022 № 387 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».
7. О. И. Дроняев, В. Ф. Мартынюк. О применении метода «Анализ опасности и работоспособности» при анализе риска аварий на производственных объектах // Безопасность жизнедеятельности, 2023 № 11, С. 41–47.
8. Kletz, T. A., Hazop – past and future, Reliability Engineering and System Safety, 1997, Volume 55, Issue 3, Pages 263–266.
9. Lawley, H.G., Operability Studies and Hazard Analysis, Chemical Engineering Progress, 1974, Volume 70, No. 4, Pages 45–56.
10. Ministry of the Environment – DPPR / SEI / BARPI, Catastrophic explosion of a cyclohexane cloud June 1, 1974 Flixborough United Kingdom, № 5611.
11. Маршалл В. Основные опасности химических производств: пер. с англ. Г. Б. Барсамяна и др.; под ред. Б. Б. Чайванова, А. Н. Черноплекова., Москва: Мир, 1989. – 671 с.: ил.; 25 см.; ISBN 5-03-000990-6.
12. Chemical Industries Association, A Guide to Hazard and Operability Studies, 1977, UK (London).
13. F. Crawley, M. Preston and B. Tyler, HAZOP: Guide to Best Practice, 2000, Institution of Chemical Engineers, Rugby, UK, ISBN 0-85295-427-1.
14. F. Crawley, B. Tyler, HAZOP Guide to Best Practice, third ed., 2015, Elsevier, ISBN: 978-0-323-39460-4.
15. IEC 61882:2016. Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide.

16. IChemE Safety Centre Guidance «Effective revalidation of risk assessments, Delta HAZOP», 2021.
17. Phil Eames, Institution of Chemical Engineers, Chemical Engineering Process Simulation. The HAZOP Leaders Handbook How to Plan and Conduct Successful HAZOP Studies, 2022, ISBN: 978-0-323-91726-1.
18. О. И. Дроняев, В. Ф. Мартынюк. Становление и развитие метода «Анализ опасности и работоспособности» как метода анализа риска аварий. Проблемы анализа риска. 2025;22(1):46–53.
19. О. И. Дроняев, В. Ф. Мартынюк. Подготовка и проведение собраний в методе «Анализ опасности и работоспособности» при анализе риска аварий на производственных объектах // Безопасность жизнедеятельности, 2024 № 10, С. 48–56.