

А. П. Петров, В. С. Клубань, Л. Т. Панасевич
(Академия государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: setyn@list.ru)

МЕТОД ОЦЕНКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

РЕЗЮМЕ

Введение. Пожарный риск можно оценивать качественно и количественно. Качественный метод оценки пожарной опасности технологического процесса (анализа риска) предполагает детальное рассмотрение возможных отклонений от технологического регламента и отказов в технологии производства. Следовательно, он может существенно повысить достоверность анализа опасностей для обоснования принимаемых технических решений, обеспечивающих повышение пожарной безопасности производства.

Цели и задачи. Количественные методы анализа пожарной опасности технологических процессов, в том числе оценки пожарного риска, имеют ряд существенных недостатков: в них используются различные модели, в которых нередко принимаются не всегда обоснованные допущения. Поэтому применение таких методов порой ставит под сомнения полученные результаты. Анализ опасностей с помощью качественного метода представляет собой последовательный процесс выявления нарушений не только технологического регламента, но и требований пожарной безопасности, а, следовательно, и причин аварий. Поэтому одной из важных целей данного процесса является проверка соблюдения требований пожарной безопасности.

Методы. Метод оценки пожарной опасности технологии производства с помощью анализа последствий "Что произойдет, если...?" (качественный метод оценки пожарной опасности) позволяет рассматривать проблемы, связанные с возможными причинами повреждения технологического оборудования, последствиями этих причин и принятых в рассматриваемом производстве вариантов их предупреждения. В основе метода лежит необходимость разработки перечня опасностей, разделение их по уровню опасности и определения на этой основе наиболее опасных ситуаций. Такое разделение позволяет повысить эффективность разрабатываемых технических решений, повышающих уровень пожарной безопасности технологии производства.

Результаты и их обсуждение. В статье раскрывается сущность качественного метода оценки пожарной опасности технологии производств с помощью анализа возможных последствий нарушения технологического регламента. Показано место данного метода в экспертной оценке пожарной опасности производства и дан пример практического использования метода.

Заключение. Качественный метод оценки пожарной опасности технологического процесса может дополнять количественные методы, может быть их составной частью, например, при расчётном определении пожарного риска производственных объектов, а может выступать как самостоятельный метод для небольших предприятий, в которых не требуется проводить государственную экспертизу проектов, а также когда возникает необходимость в проведении оценки соответствия требованиям пожарной безопасности принятых технических решений на стадиях проектирования и эксплуатации производства.

Ключевые слова: предаварийные ситуации, крупные аварии, система обеспечения пожарной безопасности, взрывозащита трубчатой печи.

Для цитирования: Петров А. П., Клубань В. С., Панасевич Л. Т. Метод оценки пожарной опасности технологии производств нефтегазовой отрасли // Технологии техносферной безопасности. – 2021. – Вып. 2 (92). – С. 20-32. <https://doi.org/10.25257/TTS.2021.2.92.20-32>

В настоящее время в рамках государственной экспертизы проектов, декларирования промышленной и пожарной безопасности применяются преимущественно методы количественного анализа риска (анализ "дерева отказов"; анализ "дерева событий"). Преимущество таких методов анализа – возможность сравнивать различные варианты по единым показателям риска. Однако основным недостатком количественных методов – сложность применяемых моделей, многообразие принимаемых допущений (часто упрощающих технологический процесс) и неопределённость исходной информации. Все это зачастую ставят под сомнение значимость полученных расчётов, особенно в вопросе применения критериев приемлемого риска.

Качественный (именуемый иногда как инженерный) упрощенный метод оценки пожарной опасности технологии производства, который с помощью анализа последствий при ответе на вопрос: "что произойдёт, если...?" предполагает детальное рассмотрение возможных отклонений от технологического регламента и отказов в технологическом процессе. В этой связи он может существенно повысить достоверность анализа опасностей для обоснования принимаемых технических решений, обеспечивающих снижение уровня пожарной опасности [1].

Причём такое повышение достоверности анализа может быть обеспечено уже на начальных этапах разработки проектной документации при наличии только схем генерального плана, общих спецификаций процессов, первичных ревизий технологических схем процессов с контрольно-измерительными приборами и автоматикой. Эти методы целесообразно использовать не только при проектировании, но и при эксплуатации опасных производственных объектов (например, в случае корректировки технологического регламента, тренинга персонала), разработке специальных технических условий проектирования и строительства (при отсутствии норм) и экспертизе пожарной безопасности, в том числе путём установления требований безопасности и разработки соответствующих методических документов [2].

Правовой основой обеспечения промышленной безопасности в Российской Федерации является Федеральный закон РФ № 116-ФЗ¹, в котором описываются основные процедуры, используемые для регулирования промышленной безопасности – лицензирование и декларирование безопасности. Для этих целей на практике наряду с количественными применяются качественные методы оценки. Необходимость применения конкретных методов (качественных или количественных), применяемых при анализе риска, определяется стадией жизненного цикла объекта, целями и задачами выполняемых работ².

Рекомендации по выбору методов анализа риска для различных видов деятельности и этапов функционирования опасного производственного объекта представлены в табл. 1.

¹ Федеральный закон РФ от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (в ред. Федеральных законов от 07.08.2000 № 122-ФЗ, от 08.12.2020 № 429-ФЗ);

² ГОСТ Р 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем (принят и введён в действие постановлением Госстандарта РФ от 7 июня 2002 г. № 236-ст)

Таблица 1

Рекомендации по выбору методов анализа риска

Метод	Вид деятельности				
	Предпроектные работы (размещение)	Проектирование	Ввод или вывод из эксплуатации	Эксплуатация	Реконструкция
Анализ "Что произойдёт, если...?"	0	+	++	++	+
Количественный анализ риска	++	++	0	+	++

В табл. 1 приняты следующие обозначения: "0" – наименее подходящий метод анализа; "+" – рекомендуемый метод; "++" – наиболее подходящий метод

Эти методы могут применяться изолированно или в дополнение друг к другу, причём методы качественного анализа могут включать количественные критерии риска (в основном, по экспертным оценкам с использованием, например, матрицы "вероятность-тяжесть последствий" ранжирования опасности).

Вместе с тем, практика показывает, что нередко эти методы применяются в комплексе. Так, даже в полном количественном анализе риска часто используются результаты качественного анализа опасностей. Например, в методике определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах метод анализа пожарной опасности является первым этапом, предваряющим выполнение расчётов³.

Как правило, анализ опасностей с помощью этого метода представляет собой последовательный процесс выявления их причин, цель которого – проверка соблюдения в полной мере всех требований пожарной безопасности.

Статистика свидетельствует о том, что каждой крупной аварии на производстве предшествует ряд предаварийных ситуаций (то есть таких аварийных ситуаций, за которыми не последовала крупная авария). На большинстве предприятий предаварийные ситуации случаются каждую неделю. Опыт показывает, что количество предаварийных ситуаций на среднестатистическом предприятии тесно связано с числом крупных аварий (серьёзные травмы) и незначительных аварий (лёгкие травмы) и аварий с материальным ущербом (без травм).

Крупная авария происходит при наступлении множества взаимосвязанных между собой неблагоприятных обстоятельств (причин) в одно и то же время. Если одна или несколько из этих причин не реализуются, создаётся такая аварийная, а точнее предаварийная ситуация, за которой может последовать крупная авария.

На практике для прогнозирования возможных предаварийных ситуаций чаще других качественных методов используется упрощённый метод проведения анализа риска – метод оценки пожарной опасности технологии производства с помощью анализа последствий "Что произойдёт, если...?". Этот метод относится к группе методов, основанных на изучении соответствия условий эксплуатации объекта или проекта требованиям пожарной безопасности.

³ Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (с изменениями на 27 декабря 2018 г.)

Установлено, что основная причина большинства аварий – неудовлетворительное функционирование системы обеспечения пожарной безопасности, которая в соответствии со ст. 5³ должна быть разработана на каждом предприятии, на каждой производственной установке, в каждом цехе. Целью создания системы обеспечения пожарной безопасности является предотвращение пожара и обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре. Эта система по своей сути является системой управления пожарной безопасностью, так как включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Её основы чётко прописаны в соответствующих документах (технических и технологических регламентах, отраслевых нормах и правилах противопожарного режима, технических условиях и руководствах по эксплуатации технологического оборудования, цеховых инструкциях о требованиях пожарной безопасности и т. п.). Эта система требует, чтобы на предприятиях не только неукоснительно соблюдалась существующая система пожарной безопасности, но и своевременно вносились предложения по её корректировке в соответствии с приобретаемым местным опытом и опытом, извлекаемым из происшедших аварий на предприятиях с аналогичной технологией.

Важнейшим элементом любой системы управления пожарной безопасностью являются обязательная регистрация, анализ и широкая публикация (с учётом ведомственной конфиденциальности) данных о предаварийных ситуациях. Анализ таких данных даёт уникальную возможность руководству предприятия или предприятию с аналогичной технологией производства извлекать из них полезные уроки. Тогда факторы, повлиявшие на возникновение предаварийной ситуации, могут быть своевременно приняты во внимание, и вероятность возникновения подобной аварии снизится. Сокращение количества предаварийных ситуаций приведёт к сокращению количества серьёзных аварий и повышению общего уровня пожарной безопасности.

Оценка опасностей с помощью метода анализа последствий "Что произойдёт, если...?" представляет собой последовательный процесс установления их причин, цель которого – проверка соблюдения в полной мере всех требований пожарной безопасности. Этот процесс в укрупнённом виде можно представить следующим образом:

- предварительное определение возможных опасностей и их причин (проводится на основе метода анализа пожарной опасности и его классификации причин повреждения);
- анализ последствий (проводится на основе метода "Что произойдет, если...?") опасного проявления выявленных причин, которые могут вызвать повреждения технологического оборудования с аварийным выходом веществ и материалов;

- анализ существующих мер предотвращения возможных аварий и оценка их эффективности;

- разработка дополнительных (при необходимости) мер предотвращения выявленных причин повреждения технологического оборудования с аварийным выходом веществ и материалов.

Рассмотренная методология может быть использована на каждом этапе разработки проекта и эксплуатации производства.

Анализ "Что произойдет, если...?" основан на методе "мозговой атаки", которая, тем не менее, в определённой степени структурирована [3]. Структурирование достигается следующими условиями:

- знанием технологии рассматриваемого производства;
- знанием поожаровзрывоопасных свойств обращающихся веществ и материалов;

- знанием условий образования взрывоопасных концентраций внутри и зон взрывоопасных концентраций снаружи технологического оборудования с различными средами;

- знанием причин повреждения технологического оборудования, производственных источников зажигания и путей распространения пожара;

- знанием требований нормативных правовых актов и нормативных документов по обеспечению пожарной безопасности технологического процесса рассматриваемого производства.

Для реализации метода оценки пожарной опасности технологии производства с помощью анализа последствий "Что произойдет, если...?", который относится к экспертным методам оценки, создаётся аналитическая группа экспертов [4] из 4-10 человек, во главе с руководителем, которая должна включать специалистов, компетентных по всем вопросам, касающимся проектирования, эксплуатации и ремонта технологического оборудования рассматриваемых процессов производств. Специалистам аналитической группы предлагается задавать друг другу вопросы, обсуждать проблемы, связанные с возможными причинами повреждения технологического оборудования, о последствиях этих причин, о вариантах их предупреждения и т. п.

Обычно вопросы начинаются со слов "Что произойдет, если...?". Например, "что произойдет, если в нагретый аппарат попадет легкокипящая жидкость?"

"Что произойдет, если аппарат, расположенный на открытой площадке, окажется полностью заполненным жидкостью?"

"Что произойдет, если при подаче сжиженного газа будет перекрыта задвижка на нагнетательной линии?" и т. д.

Вопрос может быть поставлен и в другой форме, то есть может не включать в себя фразу "Что произойдет, если...?".

Анализ и обсуждение ответов, как правило, включает следующие шаги:

- постановка вопросов, которые возникают в отношении любой части технологической системы;
- разделение этих вопросов, касающихся крупных производственных стадий отдельных технологических процессов или отдельных аппаратов;
- последовательная постановка новых вопросов по мере прохождения каждой стадии.

Основой анализа должны стать самые новые чертежи, описания, расчётные материалы технологического процесса и т. п. Ответы на вопросы должны быть сформулированы в соответствии с поставленным вопросом ("Что произойдет, если...?") в следующем порядке: последствия (ответ на поставленный вопрос), их причины, предусмотренные меры пожарной безопасности, оценка их эффективности и, при необходимости, обсуждение и формулирование предлагаемых (дополнительных) мер пожарной безопасности.

Видно, что в указанной последовательности на первом месте стоит ответ на вопрос – каковы последствия того или иного нарушения технологического процесса, так как именно ответ на этот вопрос позволит ранжировать уровень опасности этих нарушений и определить причины, вызвавших их для дальнейшего купирования этих причин. Правомерность такой постановки можно объяснить следующим образом. В ходе анализа могут быть выявлены два варианта случаев, например:

- последствия, не связанные с возникновением какой-либо пожаровзрывоопасной ситуацией;
- последствия, связанные с возможностью повреждения технологического оборудования, аварийным выходом горючих веществ и материалов, возможностью образования горючих концентраций, появлением в горючей среде источников зажигания, возникновением и распространением пожара, взрыва, с образованием огненного шара и т. п.

В первом случае фиксируется отсутствие пожаровзрывоопасности, и комиссия приступает к обсуждению ответов на другие вопросы. Во втором случае возникает необходимость детального анализа опасности, результаты которого заносятся в таблицу.

Такой подход позволяет руководителю аналитической группы экспертов принимать правильное управленческое решение для дальнейшей работы [5]. Результатом предварительного выявления опасностей является разрабатываемый перечень (список) опасностей и наиболее характерных опасных ситуаций. На основании выявленных нарушений даётся итоговая оценка степени (уровня) производственных опасностей и характерных опасных ситуаций. В соответствии с этим осуществляется их разделение (ранжирование) по уровню опасности. Это разделение позволяет обратить особое внимание на более опасные ситуации по своим последствиям для разработки адекватных уровню опасности мер пожарной безопасности технологических процессов.

Пример такой оценки пожарной опасности типового технологического процесса нагрева нефтяного сырья в печи огневого действия нефтеперерабатывающего завода с помощью анализа последствий "Что произойдет, если...?" приведен в табл. 2.

Результаты оценки пожарной опасности нагрева нефтяного сырья в печи огневого действия

№ п/п	"Что произойдёт, если?"	Последствия	Причины	Существующие меры пожарной безопасности	Предлагаемые меры пожарной безопасности
1	2	3	4	5	6
1	Нарушен режим розжига печи при её пуске в работу, то есть нарушена очередность подачи источника зажигания и топлива каждой форсунки (горелке) огневого фронта?	Взрыв образующейся горючей смеси в топочном пространстве печи с последующим аварийным выбросом и воспламенением нефтяного сырья	а) подтекание топлива в объём печи в результате негерметичности запорной арматуры системы подачи топлива к форсуночному фронту; б) перед пуском трубчатой печи в работу не проводилась продувка её внутреннего объёма водяным паром в течение расчётного времени; в) не выполнено условие безопасного розжига печи: сначала подача к каждой форсунки (горелке) источника зажигания, а потом – топлива	а) систематический контроль за герметичностью запорной арматуры системы подачи топлива к форсуночному фронту; б) перед пуском трубчатой печи в работу продувка её внутреннего объёма водяным паром в течение расчётного времени; в) соблюдение режима розжига печи при её пуске в работу; г) взрывозащита трубчатой печи с использованием взрыворазрядных шарнирно откидных дверец	Система автоматического контроля концентрации горючих паров и газов в объёме трубчатой печи в процессе продувки
2.	Температура нефтяного сырья, движущегося в змеевике трубчатой печи, поднимется выше нормы?	Произойдет перегрев нефтяного сырья, его термическая деструкция с образованием отложений и последующим "прогаром" труб; выбросом нефти и возникновением пожара в печи	а) содержание в нефтяном сырье примесей, легкоразлагающихся при воздействии высокой температуры; б) снижение скорости потока нефти в змеевике трубчатой печи ниже регламентной;	а) предварительная очистка нефтяного сырья от легкоразлагающихся примесей перед подачей её в змеевик трубчатой печи; б) систематическая (по утвержденному графику) очистка змеевиков трубчатой печи от коксовых отложений;	а) позонный автоматический контроль и регулирование расхода горючей смеси (топлива и воздуха), подаваемой в форсунки и горелки огневого фронта трубчатой печи; б) позонный автоматический контроль температуры стенок змеевика в ра-

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
			<p>в) локальный рост температуры (перегрев) стенки змеевика в результате неравномерного распределения плотности тепловых потоков от форсуночного фронта к экранам змеевика.</p>	<p>в) автоматический контроль расхода потока нефти в змеевике трубчатой печи; отложений;</p> <p>г) автоматический контроль и регулирование температуры нефти в змеевике трубчатой печи с подачей звукового и светового сигналов при достижении предельно допустимой по условиям безопасности температуры;</p> <p>д) автоматическая установка пожаротушения путем подачи перегретого (сухого) водяного пара в объем трубчатой печи</p>	<p>диантной камере трубчатой печи с подачей звукового и светового сигналов при достижении предельно допустимой по условиям безопасности температуры</p>
3.	<p>Давление нефтяного сырья, движущегося в змеевике трубчатой печи, поднимется выше нормы?</p>	<p>Произойдет разгерметизация труб змеевика с аварийным выбросом нефтяного сырья и возникновением пожара в печи</p>	<p>Уменьшение "живого" сечения змеевика в результате образования коксовых отложений</p>	<p>а) автоматический контроль расхода потока нефтяного сырья в змеевике трубчатой печи;</p> <p>б) автоматическая установка пожаротушения путем подачи перегретого (сухого) водяного пара в объем трубчатой печи</p>	<p>Автоматический контроль перепада давления на входе и выходе потока нефтяного сырья в змеевике трубчатой печи с подачей звукового и светового сигналов при достижении предельно допустимого по условиям безопасности перепада давления</p>

1	2	3	4	5	6
4	Кратковременно прекратится подача топлива в форсунку (горелку)?	Обрыв факела пламени форсунки (горелки) и взрыв образующейся горючей смеси в топочном пространстве печи при возобновлении подачи топлива	а) образование и выброс водяной пробки в форсунку в системе подачи жидкого топлива; б) образование и выброс конденсатной пробки в горелку в системе подачи газового топлива; в) временное прекращение подачи топлива с последующим возобновлением его подачи	а) предварительная очистка жидкого топлива от воды; б) установка конденсатотводчиков (конденсатных горшков) на линии подачи газового топлива; в) использование в трубчатой печи двух видов топлива (газа и мазута) с использованием для их сжигания комбинированных газовых горелок и жидкостных форсунок. г) взрывозащита трубчатой печи с использованием взрыворазрядных шарнирно откидных дверец	Автоматическая система перекрытия линии подачи топлива к форсункам и горелкам при обрыве факела пламени
5	Уменьшится коэффициент избытка воздуха при работе форсунок и горелок?	Взрыв образующейся горючей смеси в дымовом канале (борове)	В результате недожога образуются продукты неполного сгорания (СО, Н ₂ и др.), которые в дымовом канале (борове) могут образовать горючую смесь с воздухом, поступающим в результате подсоса через неплотности канала извне	а) автоматический контроль и регулирование коэффициента избытка воздуха при работе форсунок и горелок; б) контроль за герметичностью дымового канала (борова)	а) подогрев воздуха, подаваемого на сжигание топлива, в холодные периоды года; б) взрывозащита дымового канала (борова) с использованием взрыворазрядных мембран
6.	Увеличится коэффициент избытка воздуха при работе форсунок и горелок?-	Рост интенсивности кислородной коррозии внешней поверхности змеевика трубчатой печи	Избыточное содержание кислорода воздуха в дымовых продуктах сгорания при высоких значениях рабочей температуры в объеме трубчатой печи (500-800 °С)	Автоматический контроль и регулирование коэффициента избытка воздуха при работе форсунок и горелок	

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
7.	В локальной зоне змеевика растёт температура стенки?	Локальный "прогар" стенки при достижении её температуры, равной пределу текучести металла	а) в локальной зоне змеевика на внутренней поверхности образуется слой коксовых отложений; б) локальный рост температуры стенки змеевика в результате неравномерного распределения плотности тепловых потоков от форсуночного фронта к экранам змеевика	а) систематическая (по утвержденному графику) очистка змеевиков трубчатой печи от коксовых отложений; б) автоматический контроль расхода нефтяного сырья в змеевике трубчатой печи; в) автоматическая установка пожаротушения путём подачи перегретого (сухого) водяного пара в объём трубчатой печи	а) автоматический контроль температуры стенок змеевика в радиантной камере трубчатой печи с подачей звукового и светового сигналов при достижении предельно допустимой по условиям безопасности температуры; б) автоматический контроль и регулирования расхода топлива, подаваемого к форсункам (горелкам) в зависимости от температуры стенки змеевика
8	Нефтяное сырьё поступает в конвекционную камеру трубчатой печи с температурой менее 50 °С?	Рост интенсивности электрохимической и химической коррозии металла на внешней поверхности змеевика с последующей его перфорацией, сопровождающейся аварийным выбросом нефти и возникновением пожара в печи	На внешней поверхности первых рядов труб змеевика, нагретых не более 50 °С, образуется конденсат паров воды, который из дымовых газов поглощает сернистый ангидрид, образуя сернистую кислоту	а) автоматический контроль и регулирование температуры нефтяного сырья, поступающего в конвекционную камеру трубчатой печи, не менее 50 °С; б) автоматическая установка пожаротушения путём подачи перегретого (сухого) водяного пара в объём трубчатой печи	Применение для сжигания в трубчатых печах малосернистого топлива

Заключение

Из вышесказанного следует, что качественный метод оценки пожарной опасности технологического процесса с помощью анализа последствий "Что произойдет, если...?" позволяет детально проанализировать технологический процесс, выявить нарушения технологического регламента, а также требований нормативных документов и на этой основе разработать дополнительные (компенсирующие) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Однако качественный метод анализа не может полностью заменить количественные методы оценки пожарной опасности, но может быть использован в сочетании с ними при комплексном подходе, быть их составной частью, например, при расчётном определении пожарного риска производственных объектов. Но иногда он может выступать как самостоятельный метод для небольших предприятий, когда по ним не требуется проводить государственную экспертизу проектов, а также, когда возникает необходимость в проведении оценки соответствия требованиям пожарной безопасности принятых технических решений на стадиях проектирования и эксплуатации производства.

Литература

1. Гордиенко Д. М., Шебеко Ю. Н., Шебеко А. Ю., Кириллов Д. С., Трунева В. А., Гилетич А. Н., Комков П. М. Пособие по определению расчётных величин пожарного риска для производственных объектов. М.: ВНИИПО МЧС России, 2012. 242 с.
2. Пожарная безопасность: учебник / Под общ. ред. В. А. Пучкова. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 883 с.
3. Картвелишвили В. М., Свиридова О. А. Риск-менеджмент. Методы оценки риска: учебное пособие. М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2017. 120 с.
4. Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование: учебник: в 3 ч. Ч. 2. Экспертные оценки. М.: изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. 486 с.
5. Орлов А. И. Методы принятия управленческих решений: учебник. М.: КНОРУС, 2018. 286 с.

Материал поступил в редакцию 25 ноября 2020 г.; принят к публикации 15 июня 2021 г.

A. P. Petrov, V. S. Kluban, L. T. Panasevich

(Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia; e-mail: setyn@list.ru)

METHOD OF FIRE HAZARD ASSESSMENT OF OIL AND GAS INDUSTRY PRODUCTION TECHNOLOGY

ABSTRACT

Introduction. Fire risk can be assessed qualitatively and quantitatively. A qualitative method for assessing fire hazard of the technological process (risk analysis) involves a detailed consideration of possible deviations from the technological regulations and failures in the production technology. Therefore, it can significantly increase the reliability of the hazard analysis to justify the technical decisions made to improve fire safety of production.

Goals and objectives. Quantitative methods for analyzing fire hazard of technological processes and assessing fire risk have a number of significant drawbacks, they use various models, in which not always reasonable assumptions are often made. The use of such methods sometimes casts doubt on the results obtained. Hazard analysis using a qualitative analysis method is a sequential process of identifying violations not only of technological regulations, but also of fire safety requirements, and, consequently, the causes of accidents. Therefore, one of the most important purposes of this process is to check that all fire safety requirements are met.

Methods. Method for assessing fire hazard of production technology by analyzing the consequences of "What happens if...?" (qualitative method of fire hazard assessment) allows us to consider problems related to possible causes of damage to technological equipment, the consequences of these causes, and the options adopted in the considered production for their prevention. The method is based on the development of a list of hazards, their division by hazard level and determining the most dangerous situations on this basis. Such a division makes it possible to increase the efficiency of the developed technical solutions that increase the level of fire safety of the production technology.

Results and discussion thereof. The article reveals the essence of the method for assessing the fire hazard of production technology by analyzing the possible consequences of violations of technological regulations. The place of this method in the expert assessment of the fire hazard of production is shown and an example of the practical use of the method is given.

Conclusion. Qualitative method of assessing fire danger of the technological process can complement quantitative methods, it can be their integral part, for example, when calculating the fire risk of production facilities, and it can act as an independent method for small enterprises in which it is not required to conduct a state expertise of projects, as well as when there is a need to assess compliance with fire safety requirements of the technical solutions adopted at the stages of design and operation of production.

Key words: pre-emergency situations, major accidents, fire safety system, explosion protection of a tubular furnace.

For citation: Petrov A. P., Kluban V. S., Panasevich L. T. Method of fire hazard assessment of oil and gas industry production technology. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, 2021, vol. 2 (92), pp. 20-32 (in Russian). <https://doi.org/10.25257/TTS.2021.2.92.20-32>

References

1. Gordienko D. M., Shebeko Yu. N., Shebeko A. Yu., Kirillov D. S., Truneva V. A., Giletich A. N., Komkov P. M. *Posobie po opredeleniiu raschetnykh velichin pozharnogo riska dlia proizvodstvennykh obektov* [Manual for determining the calculated values of fire risk for production facilities]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia Publ., 2012, 242 p.
2. *Pozharnaia bezopasnost: uchebnik* [Fire safety: textbook]. Ed. by V. A. Puchkov, Moscow, Academy of State Fire Service of Emercom of Russia Publ., 2015, 883 p.
3. Kartvelishvili V. M., Sviridova O. A. *Risk-menedzhment. Metody otcenki riska: uchebnoe posobie* [Risk management. Risk assessment methods: a tutorial]. Moscow, Plekhanov Russian University of Economics Publ., 2017, 120 p.
4. Orlov A. I. *Organizatsionno-ekonomicheskoe modelirovanie: uchebnik: v 3 ch. Ch. 2. Ekspertnye otcenki* [Organizational and economic modeling: textbook: 3 parts; part 2. Expert assessments]. Moscow, Bauman Moscow State Technical University Publ., 2011, 486 p.
5. Orlov A. I. *Metody priniatiia upravlencheskikh reshenii: uchebnik* [Methods for making management decisions: textbook], Moscow, KNORUS Publ., 2018, 286 p.

Received November 25, 2020; accepted June 15, 2021

Информация об авторах

ПЕТРОВ Анатолий Павлович

д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов; Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; Российская Федерация, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4; ORCID ID: 0000-0002-7757-1771, РИНЦ Author ID: 765316; e-mail: setyn@list.ru

КЛУБАНЬ Владимир Семенович

канд. техн. наук, доцент; профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов; Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; Российская Федерация, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4; ORCID ID: 0000-0001-5596-2221, РИНЦ Author ID: 760529; e-mail: klvls@mail.ru

ПАНАСЕВИЧ Людмила Тихоновна

доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов; Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; Российская Федерация, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4; ORCID ID: 0000-0001-8011-7054, РИНЦ Author ID: 764307; e-mail: ltpan@mail.ru

Information about the author

PETROV Anatoliy Pavlovich

Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of Department of Fire Safety of Technological Processes, Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia; Russian Federation, 129366, Moscow, Borisa Galushkina St., 4; ORCID ID: 0000-0002-7757-1771, RSCI Author ID: 765316; e-mail: setyn@list.ru

KLUBAN Vladimir Semenovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Professor of Department of Fire Safety of Technological Processes, Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia; Russian Federation, 129366, Moscow, Borisa Galushkina St., 4; ORCID ID: 0000-0001-5596-2221, RSCI Author ID: 760529; e-mail: klvls@mail.ru

PANASEVICH Lyudmila Tikhonovna

Associate Professor of Department of Fire Safety of Technological Processes, Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia; Russian Federation, 129366, Moscow, Borisa Galushkina St., 4; ORCID ID: 0000-0001-8011-7054; RSCI Author ID: 764307; e-mail: ltpan@mail.ru