

## ПРОБЛЕМЫ РИСКА И БЕЗОПАСНОСТИ В ХИМИКО-ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

*Гидаспов Б. В.*

Предприятия химико-лесного комплекса страны представляют собой серьезную потенциальную угрозу жизнедеятельности обслуживающего персонала и населения близлежащих районов.

Основная тенденция развития предприятий химико-лесного комплекса заключается в увеличении единичной мощности агрегатов, повышении технологических параметров (температуры, давления, концентрации), переработке, большего количества материалов, накоплении на технологических площадках значительного количества огнеопасных, взрывоопасных и токсичных химических соединений).

Это обстоятельство требует серьезного аналитического подхода при разработке технологических процессов, их аппаратного оформления, а также при проектировании промышленных производств с учетом последствий, которые могут произойти при инцидентах различной тяжести, начиная с небольших проливов, разгерметизации реакционного оборудования и кончая крупномасштабными взрывами и пожарами.

Следует отметить, что, к сожалению, в этом отношении в Советском Союзе практически отсутствуют систематические исследования, основанные на единых, научно обоснованных принципах, не обобщаются результаты инцидентов, происшедших на различных предприятиях. В лучшем случае они оседают в подразделениях различных министерств и являются недоступными. В то же время нельзя не отметить, что в промышленно развитых странах проблеме риска и безопасности, включая экологическую безопасность предприятий химического профиля, уделяется очень большое внимание — программы разрабатываются на правительственном уровне и финансируются как правительством, так и отдельными фирмами. Например, только в странах ЕЭС за последнее время реализованы три и осуществляется четвертая программа по вопросам безопасности химических производств и предотвращения аварий. В США при известных университетах и крупных компаниях создан ряд центров по исследованию и прогнозированию катастроф. Выпускаются специализированные журналы, проводится обучение специалистов. Важность и актуальность этой проблемы подчеркивалась на проведенной в 1987 г. в Риме конференции, на которой было заслушано более 140 докладов, представленных практически всеми промышленно развитыми странами.

Важно подчеркнуть, что в основе исследований лежит системный подход к обеспечению безопасности на всех стадиях проектирования и эксплуатации: в нормальном, предаварийном и аварийном режимах, при локализации последствий аварий, включая и организационные аспекты.

Оценка риска и принятие соответствующих мер по его уменьшению является одним из главных направлений обеспечения безопасности управления процессами при планировании аварийной работы и при проектировании новых производств. Этапы оценки риска состоят в следующем:

1. Идентификация опасности, при которой обычно используются методы «дерева отказов», «дерева событий» или анализа типа отказов. Подчеркивается необходимость рассмотрения всего спектра возможных видов опасности (от небольших, часто происходящих до крупных редких аварий):

2. Анализ последствий аварийных ситуаций на основе создаваемых математических моделей с учетом тяжести, опасности и вида инцидента;

3. Анализ частоты инцидентов, при котором также используются «дерева отказов или событий»;

4. Оценка степени риска как комбинации частоты события и тяжести его последствий. Естественно, что все эти работы осуществляются с широким применением компьютерных систем.

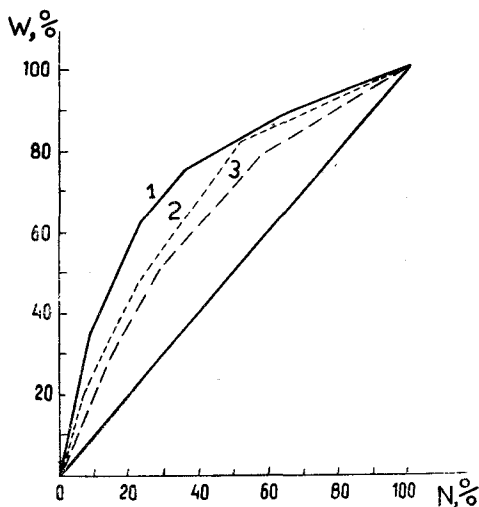


Рис. 1. Рост мощности ( $W$ ) и доли заводов ( $N$ ) в нефтехимических комплексах мира; 1 — США, 1985 г.; 2 — Канада, 1984 г.; 3 — СССР, 1985 г.

бо выражены в деятельности соответствующих организаций Советского Союза, хотя общие направления развития техносферы в химической промышленности у нас приблизительно одинаковы. В качестве примера можно показать, как возрастает доля заводов и увеличивается их мощность в нефтехимических комплексах развитых стран: в США, Канаде и Советском Союзе (рис. 1).

Надо сказать, что нефтехимические комплексы представляют очень большую опасность. Например, нефтехимический комплекс, расположенный неподалеку от Ленинграда в городе Кириши, на площадке около  $1,5 \text{ км}^2$  имеет постоянно более 500 тыс. т горючих нефтепродуктов. Если допустить теоретическую возможность, что каким-либо способом эти нефтепродукты образуют газозвоздушную смесь, то объемный взрыв ее по мощности будет приблизительно эквивалентен взрыву ядерного боеприпаса мощностью 3—5 Мт. Естественно, что последствия такой аварии будут ощущаться на расстоянии многих десятков километров.

Вместе с тем, нельзя не отметить, что опыт работы организаций, связанных с созданием специальной техники в стране, и, в первую очередь, ракетно-космической техники (накоплен очень большой опыт в ряде организаций, связанных с созданием ракетно-космической техники в нашей стране, обеспечивающих безопасную эксплуатацию как самих ракет, так и стартовых сооружений), заслуживает пристального внимания, и осо-

Известно, что в настоящее время за рубежом существует более 60 банков данных об инцидентах на химических предприятиях, а также 120 банков данных об опасности химических веществ. Имеются детально разработанные программы ликвидации крупных инцидентов на химических комплексах по производству гербицидов, нефтехимических комплексах и др. В отдельных случаях затраты на проведение методов анализа опасности технологических процессов и производств достигают приблизительно 20—25 % их общей стоимости и, тем не менее, окупаются в течение небольшого срока (5—6 лет) эксплуатации.

К сожалению, тенденции, которые отчетливо прослеживаются в деятельности, научно-исследовательских фирм мира, значительно более сла-

бенно в условиях развивающейся конверсии. Сейчас уместно и необходимо поставить вопрос об использовании этого опыта для уменьшения риска и увеличения безопасности химических производств. Например, только в НПО ГИПХ, а также в организациях, которые работают в кооперации с НПО ГИПХ, проводились и проводятся широкие исследования, включая крупномасштабные эксперименты, направленные на исследование потенциальной опасности химических соединений, применяемых в спецтехнике (ракетное топливо и др.); исследуется широкий спектр пожаровзрывоопасных свойств различных металлических и неметаллических материалов; созданы системы, позволяющие анализировать возможность развития процесса теплового взрыва, как наиболее типичной причины многих аварий; разработаны программы, позволяющие создавать математические модели, которые хорошо воспроизводят реальные ситуации, неоднократно наблюдавшиеся в жизни. Так, очень тонкое фундаментальное исследование по теме взаимодействия самовоспламеняющихся компонентов с азотнокислыми окислителями позволило четко обосновать невозможность детонации этой системы и, в том числе, при быстром смещении компонентов. Это, в свою очередь, обеспечило многомиллиардный экономический эффект при создании целого ряда стартовых комплексов.

В ряде аварий, произошедших у нас на полигонах, а также в ходе специальных крупномасштабных экспериментов (например, при имитации разрушения ракеты в шахте подводной лодки), показано практически полное совпадение прогноза и реальных последствий подобных аварий. Детальное изучение переходных процессов горения и детонации жидких и газообразных кислорода и водорода обеспечило создание надежной системы пожаровзрывопредупреждения в известном всему миру комплексе «Энергия» — «Буран».

Что касается непосредственно химических производств, то следует отметить, что наиболее типичной причиной возникновения аварий является недостаточная изученность химизма, а также физических процессов на различных стадиях потенциально опасных производств. Например, в производстве пероксида водорода изопропиловым методом (Куйбышев) произошло несколько аварий различной степени тяжести, связанных с тем, что на разных этапах исследования этого процесса не были обнаружены побочные продукты окисления пероксидом водорода изопропанолом. Эти пероксидные соединения по своим характеристикам являются типичными иницирующими взрывчатыми веществами, и накопление их в застойных зонах любых видов аппаратуры, начиная с колонн и кончая насосами, неизбежно приводит к аварии. Понимание механизма этого явления позволило принять необходимые технические меры, обеспечивающие значительное снижение риска и опасности в этом производстве, и в последние годы мы, к счастью, не имеем таких инцидентов.

Аналогичная типичная ошибка, допускаемая на стадии исследования, состоит в том, что иногда не учитываются возможности образования взрывчатых соединений в других системах. Например, в 1988 г. на Кропоткинском химическом заводе произошел взрыв. Исследования, которые были проведены в НПО ГИПХ, показали, что помимо целевой реакции получения полифурита, идет образование взрывчатой смеси полифурит—перхлорат натрия. Произошло накопление перхлоратов, которые в смеси с горючим веществом образовали взрывчатое вещество, что и послужило причиной взрыва. Использование хлорной кислоты в этом производстве является главным источником опасности.

Вторая причина аварий заключается в том, что не всегда точно рассчитывают вероятность реализации и термодинамику реакций получения побочных продуктов, протекающих с более высокими, чем у основной реакции, тепловыми эффектами. Сошлемся опять на опыт НПО ГИПХ: в ок-

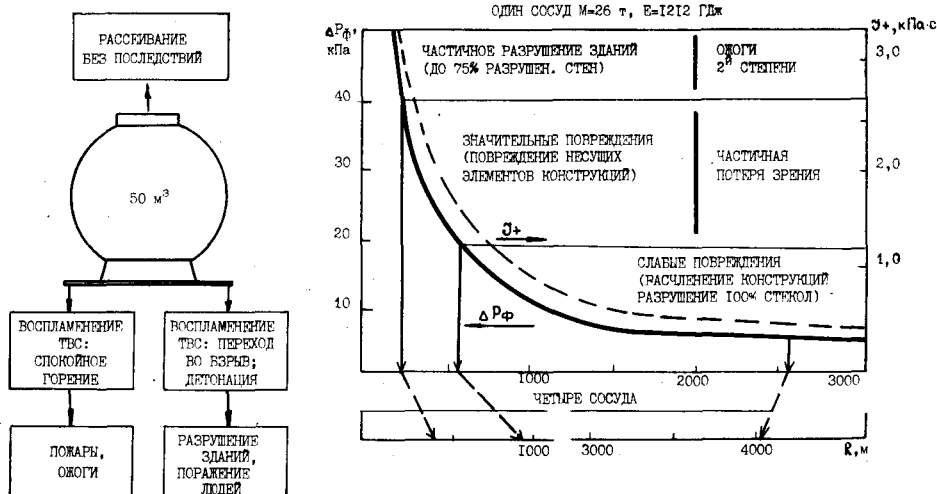
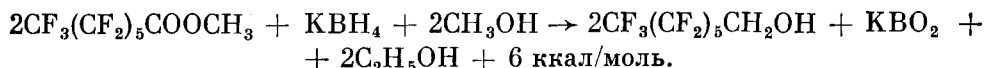
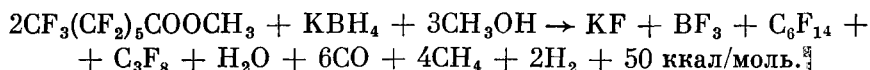


Рис. 2. Опасности аварии при разгерметизации и взрыве емкости ( $V = 50 \text{ м}^3$ ) с природным газом;  $\Delta P_{\text{ф}}$  — изменение давления во фронте ударной волны;  $I$  — импульс взрыва;  $R$  — радиус действия

тябре 1986 г. на опытном заводе в Дзержинске произошел серьезный взрыв с разрушением аппарата и здания при производстве перфторэнантовой кислоты. Тепловой эффект основной реакции, на который рассчитывалась аппаратура и соответственно проверялся весь технологический процесс, не превышал 6 ккал/моль:



В настоящее время установлено, что наряду с основной реакцией возможна побочная реакция взаимодействия метилового эфира перфторэнантовой кислоты с перборатом калия в присутствии метанола с тепловым эффектом приблизительно 50 ккал/моль:



Реакция протекает при проведении процесса синтеза в реакторе, размеры которого существенно отличаются от аналогичного, используемого в лабораторном методе, и приводит к тепловому взрыву на воздухе продуктов синтеза.

При проведении исследовательских и особенно проектных работ очень слабо учитываются вторичные факторы аварий. В частности, разгерметизация сосуда емкостью  $50 \text{ м}^3$  (и это еще маленькая емкость), наполненного горючим газом, например природным газом или любым другим углеводородом, приводит к ожогам и повреждениям, ощутимым на расстоянии приблизительно 3 км.

На рис. 2 представлены кривые изменения давления во фронте ударной волны при детонации и импульса взрыва для этого случая. При этом не учитывается, что ряд факторов — температурная инверсия, ветер, складки местности, вторичные осколки и т. д., вносят дополнительный «вклад» и усиливают действие взрыва и, следовательно, должны быть учтены при оценке опасности подобной реальной аварии.

Загрязнение окружающей среды химическими продуктами при реализации различных аварий также является серьезным фактором риска и требует пристального изучения.

Важнейшей областью исследований, которая у нас также отстает в развитии, является создание систем автоматизированного управления процессами, которые дали бы возможность оценить не только создание процесса «пост-фактум», но и наступление предаварийной ситуации причем в таком масштабе времени, чтобы можно было за счет изменения технических параметров локализовать эти аварийные ситуации.

Таким образом, речь идет о создании не просто систем автоматизированного контроля, а систем ранней диагностики процессов, особенно на тех стадиях, на которых они являются потенциально опасными.

Следует отметить, что для решения перечисленного комплекса вопросов по безопасности производств, и в том числе химических, целесообразно использовать имеющийся зарубежный опыт организации подобных работ.

В Советском Союзе тоже имеется такой опыт. Так, в частности, на протяжении многих лет НПО ГИПХ разрабатывались методы борьбы с крупными проливами ракетных топлив. Эти методы включали в себя как технические аспекты ликвидации последствий, так и предусматривали все организационные меры. Надо сказать, что многие аварии, которые происходили, например, в результате железнодорожных катастроф, ликвидировались достаточно быстро и без человеческих жертв. Этот опыт должен быть перенесен и на предприятия химического профиля.

Здесь целесообразно указать на взаимосвязь условий возникновения современных аварий и структуры средств, затрачиваемых на их предотвращение. Отметим, что вкладываемые в настоящее время затраты не дадут нужного эффекта, поскольку основные средства вкладываются в технические системы, и практически ничего не вкладывается в обучение руководящего персонала для управления безопасностью. Трагические события Чернобыля, землетрясение в Армении показали, как важно на начальных этапах развития катастроф осуществлять управление комплексом мер и управлять большими массами людей, находящихся в состоянии психической напряженности, для того, чтобы уменьшить последствия катастрофы.

Таким образом, очевидно, что мы стоим перед необходимостью существенного развития работ в области риска и безопасности для производств химико-лесного комплекса. По-видимому, такая работа должна стать приоритетной работой государственной важности. В качестве основных ее разделов можно предложить следующие:

1. Построение расчетно-теоретических моделей и выявление факторов риска аварийных ситуаций химических производств.
2. Создание банка данных исходных, промежуточных и конечных веществ, обеспечивающих задачу построения системы безопасности.
3. Совершенствование, создание новых методов и средств для определения характеристик опасности химических веществ.
4. Создание единой методологии локализации и ликвидации последствий взрывов и выбросов токсических веществ.
5. Оценка экономической эффективности мероприятий по обеспечению безопасности химических производств.
6. Анализ и экспертиза мероприятий по улучшению экологической обстановки и безопасности действующих химических предприятий. События последних лет — многочисленные аварии и даже катастрофы, свидетелями и участниками которых мы являемся, указывают на безотлагательность развития данного приоритетного научного направления.

Научно-производственное объединение «Государственный институт прикладной химии», МГО Технохим, Ленинград