

## АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Е.Н.Буркина, В.В.Мотин

ГОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г.Уфа

Необходимо разделять опасности технологических процессов в зависимости от тяжести и масштабов последствий. Так, опасности, связанные с нанесением ущерба индивидууму (возможность поражения электрическим током, термического или химического ожога, падения и т.д.), несоизмеримы с опасностями, при реализации которых происходит рассеивание опасных веществ на прилегающей к промышленному объекту селитебной территории. В связи с этим существует необходимость применения количественных и качественных критериев для оценки последствий реализации той или иной опасности. К качественным критериям относятся лингвистические оценки типа «низкий» или «высокий» уровень опасности.

Потенциальная опасность загрязнения окружающей среды в той или иной мере есть неотъемлемая составляющая производственной деятельности каждого предприятия. Экологические риски - это количественная оценка потенциальной опасности загрязнения окружающей среды в процессе осуществления предприятием производственной деятельности. Развитие аварийной ситуации на объекте характеризуется статистической вероятностью реализации опасности. Основные методы оценки вероятности аварийного события:

1. Инженерные методы. Базируются на построении и расчете деревьев отказов, деревьев событий и деревьев последствий, в основу которых положена теория надежности систем. Использование этих методов предполагает наличие полной информации о вероятностях первичных отказов, взаимных влияниях отказов элементов и других исходных данных о системе. Указанные методы чаще всего применяются при составлении декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта.
2. Анализ статистических данных. Построен на классическом принципе определения относительной частоты события при длительных испытаниях (статистической вероятности события). При этом необходима полная информация по авариям, полученная на базе представительной выборки. В случае «редкого события» применяется метод статистического точечного оценивания, базирующегося на непараметрических методах математической микростатистики, использование эмпирических функций распределения и применение принципа максимума неопределенности.
3. Метод экспертных оценок. Он основан на определении вероятности с использованием опроса экспертов в сочетании с теоремой Бейеса.

Вероятности реализации экологических рисков на большинстве предприятий химической и нефтехимической промышленности носят неравномерный характер распределения во времени. Можно выделить следующие периоды времени, когда величины экологических рисков значительно увеличиваются по сравнению со среднестатистическим значением, например, в течение года:

- при работе оборудования на повышенных нагрузках (близких к проектной мощности, либо к максимально достигаемой на данном оборудовании мощности);
- при плановой остановке производства (например, на текущий или капитальный ремонт);
- при пуске процесса, интенсивном или скачкообразном увеличении нагрузки.

Кроме того, при остановке процесса, изменении нагрузки, отключении отдельных аппаратов или единиц технологического оборудования возможен значительный рост содержания вредных веществ как в целевых продуктах, так и в отходах производства, выбросах и стоках предприятия.

В большинстве случаев освещение вопросов, связанных с неравномерностью оценок опасностей во времени, остается в стороне, однако, как показывает практика, именно эти вопросы заслуживают наиболее пристального внимания, изучения и разработки мер, снижающих вероятность реализации экологических рисков в течение указанных выше периодов времени.

Для оценки уровня безопасности процесса, в том числе с точки зрения безопасности процесса для окружающей среды, целесообразна разработка вероятностной модели рисков сложных технических систем.

При создании вероятностной модели в случае реализации экологических рисков производства необходимо учитывать следующие взаимосвязанные факторы:

- динамика надежности основного оборудования (под основным следует понимать оборудование, аварийный останов которого ведет напрямую к реализации той или иной рассматриваемой опасности или опосредованно, влияя на устойчивость производственного цикла);
- изменение технологических условий производственного процесса (например, увеличение выработки продукции, изменение качества сырья, повышение требований к качеству готовой продукции и т.д.);
- так называемый «человеческий фактор», характеризующий изменение уровня аварийности по вине технологического, ремонтного и др. персонала;
- изменение систем управления технологическим процессом (внедрение современных АСУТП, систем планирования производства и т.д.).

В дальнейшем в модели должна быть предусмотрена возможность анализа вновь полученных статистических данных и экспертных оценок.

Изменение надежности может быть следствием ряда причин: естественный износ, старение материалов, снижение квалификации технологического и ремонтного персонала, снижение качества запасных частей и т.д. В связи с этим изменение надежности оборудования требует специального анализа как состава применяемого оборудования, его

структуры, так и условий его работы в производственных условиях. Применяемые в настоящее время методики расчета показателей надежности технологических систем базируются в основном на статистических (реже справочных) данных по каждому конкретному виду оборудования. К этим показателям можно отнести наработку оборудования на отказ (ч) и интенсивность отказов ( $\text{ч}^{-1}$ ). Часто эти показатели не учитывают реальные условия функционирования и могут являться критериями оценки надежности системы только при условиях эксплуатации, соответствующих требованиям производителей оборудования.

При анализе влияния надежности оборудования необходимо использовать следующую информацию:

- показатели значимости конкретного аппарата для отказоустойчивости процесса в целом;
- объективные данные о фактическом сроке эксплуатации оборудования при существующих условиях эксплуатации;
- данные производителя о рекомендованном сроке эксплуатации оборудования;
- общепринятые временные рамки, в течение которых материалы сохраняют свои эксплуатационные характеристики (сталь корпуса, места соединения деталей, кабельная продукция, электротехнические изделия, т.е. те элементы, которые рассчитаны на полный срок службы оборудования);
- данные обследования технологических аппаратов и оборудования с применением специальных средств контроля (вибромониторинг, анализ усталости материалов, диагностирование с использованием методов неразрушающего контроля и др.);
- статистической информации об аварийных отказах и инициирующих их событиях на исследуемом предприятии с учетом функционирования аппаратов и технологического оборудования в смежных отраслях промышленности не только нашей страны, но и в целом в мировой практике;
- статистической информации об условиях работы оборудования и сроках межремонтного пробега.

Источники информации: технологические регламенты производства, технические паспорта оборудования, справочники по конструкционным материалам, проектно-конструкторская документация и т.д.

Судить о влиянии изменения технологических условий производственного процесса и изменения систем управления технологическим процессом можно, основываясь на комплексном экспертном анализе данных вопросов. Несомненно, определенные выводы можно сделать, анализируя статистическую информацию. Дополнительным источником информации для оценки влияния данного фактора может стать детализированная математическая модель технологического процесса.

При рассмотрении экологических рисков с точки зрения условий загруженности технологических аппаратов и оборудования можно говорить об увеличении количества образующихся отходов, выбросов, стоков, о возможном увеличении доли некондиционной

продукции в общем объеме выпуска, о росте вероятности развития аварийных ситуаций и вероятностного ущерба в случае реализации неблагоприятного события.

Фактор изменения технологических условий производственного процесса в ряде случаев оказывает глубокое влияние как на надежность производственного цикла, так и на человеческий фактор.

Влияние повышения мощностей на человеческий фактор можно определить, как:

- увеличение скорости материальных и энергетических потоков, соответственно увеличение скорости развития аварийных ситуаций, связанных с выходом оборудования из рамок регламентного режима работы (внимательность «на пределе», повышенная утомляемость технологического персонала); уменьшение стабильности процесса с ростом расходов, температур, давлений, энергопотребления и т.д.
- ухудшение условий работы как на установках (аппаратах), так и в помещении операторной (загазованность, запыленность, повышение температуры, рост напряженности электромагнитных полей и как следствие - повышенная утомляемость технологического персонала).

Источниками информации по влиянию степени загруженности производства являются: технологические регламенты, математические модели производств, справочные данные о физико-химических, токсических и поражающих свойствах вредных веществ, участвующих в процессе или образующихся в качестве основного или побочного продукта.

Оценим влияние человеческого фактора на развитие аварийной ситуации. Скорость реагирования оперативного персонала на изменения технологического процесса при высокой нагрузке должна значительно превосходить скорость реагирования при работе на средней и ниже среднего нагрузке. Анализ статистических данных и здравый смысл подсказывают, что при работе персонала в условиях повышенного стресса скорость реакции и вероятность принятия правильного решения в аварийной ситуации значительно снижаются.

Так, на различных производствах химической и нефтехимической промышленности при высоких нагрузках, с одной стороны, наблюдается увеличение скоростей развития опасных ситуаций, с другой стороны - снижение скорости реакции и степени принятия оперативным персоналом правильных решений. Налицо «узкое» место с точки зрения обеспечения безопасности процесса.

Источниками информации по оценке влияния «человеческого фактора» на безопасность технологического процесса с учетом экологических рисков является электронная база данных предприятия, содержащая следующие сведения:

- численность административно-технического, оперативного, технологического и ремонтного персонала;
- месторасположение персонала на территории предприятия в течение, например, рабочей смены;
- профессиональные качества персонала (соответствие образования занимаемой должности и выполняемым функциям, стаж работы);
- возраст персонала;

- условия работы (параметры окружающей среды, время суток);
- степень ответственности персонала на основе анализа личных и профессиональных качеств.

Дополнительными источниками информации могут являться должностные инструкции, личные карты работников, справочная информация о среднестатистических показателях надежности (стрессоустойчивость, скорость реакции, внимательность и т.д.) персонала.

Фактор изменения систем управления тесно связан с изменением надежности производственного цикла в целом. Не всегда внедрение современных технологий ведет к росту надежности технологического процесса. В значительной мере на надежность оказывает негативное влияние значительное усложнение структуры производственного объекта, появление дополнительных связей, условий и ограничений, направленных на повышение технико-экономических показателей производства.

Начальным этапом разработки вероятностной модели производства является определение шкалы загруженности производства и установление соответствия уровней этой шкалы основным технико-экономическим показателям производства:

- рациональное использование технологического оборудования;
- экономия энергоресурсов (неоптимальные режимы работы);
- объем выпуска товарной продукции и ее себестоимость;
- надежность процесса;
- оценка безопасности процесса, в частности с использованием интегральных показателей риска.

Например, интенсивность производства каустической соды методом электролиза определяется суммарной токовой нагрузкой на зал электролизных ванн. При увеличении токовой нагрузки происходит загрузка технологического оборудования всех стадий производства каустика: непосредственно зала электролизных ванн, рассолоподготовки, компримирования хлора и водорода, стадий обеззараживания отходов производства и т.д.

Конечная цель моделирования безопасности процесса – отыскание оптимальной точки, в которой увеличение вероятности аварийного события будет оправдано снижением себестоимости, связанным с ростом объема выпуска, а также разработка мероприятий, направленных на смещение этой точки в сторону увеличения загруженности технологического процесса.

### Список литературы

1. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 10.07.01 № 30.
2. ГОСТ Р 51901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. Принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 7 июня 2002г. № 236-ст.

3. ГОСТ Р 51901.2-2005. Менеджмент риска. Системы менеджмента надежности. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 мая 2005 г. N 110-ст.

4. ГОСТ Р 51901.13-2005. Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 мая 2005 г. N 110-ст.

5. Егоров А.Ф., Савицкая Т.В. Управление безопасностью химических производств на основе новых информационных технологий. – М.: Химия, КолосС, 2006. – 416 с.

6. Шубин В.С., Рюмин Ю.А. Надежность оборудования химических и нефтеперерабатывающих производств. – М.: Химия, КолосС, 2006. – 359 с.

7. Человеческий фактор. В 6-ти т./пер. с англ./ Ж.Кристенсен, Д. Мейстер, П. Фоули и др. – М.: Мир, 1991.