

УДК 614.8

**АПОСТЕРИОРНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АВАРИЙНОСТИ
НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Ю.А. БУЛАВКА, канд. техн. наук, доц. П.В. КОВАЛЕНКО, Е.В. СТАШЕВИЧ
(Полоцкий государственный университет);
канд. техн. наук, доц. О.О. СМОЛОВЕНКО
(Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь, Минск)

Представлены результаты научно-технического исследования состояния аварийности на одном из нефтеперерабатывающих предприятий Республики Беларусь за период с 1969 по 2011 год, подготовленные на основе актов технического расследования аварий и инцидентов на опасном производственном объекте. Основываясь на методах статистического исследования (группировка и обработка данных), проанализировано количественное выражение закономерностей промышленной аварийности в конкретных условиях места и времени: проведено ранжирование по подразделениям, видам технологического оборудования, причинам и видам последствий, определена динамика по временному фактору, причинам аварий и инцидентов. Выполнен корреляционный анализ влияния объема производства на состояние аварийности. Полученные результаты могут быть основой для прогнозирования состояния аварийности, ориентиром по устранению причин их возникновения, обеспечивая наивысшую результативность от превентивных мер при наименьших затратах.

Введение. Развитие нефтеперерабатывающей промышленности сопровождается увеличением масштабов производства, мощности установок и аппаратов, усложнением технологических процессов и режимов управления производством [1]. Вследствие усложнения и увеличения объемов производства, аварии, помимо человеческих жертв, сопровождаются огромными отрицательными экологическими и экономическими последствиями. В настоящее время большое внимание уделяется вопросам обеспечения на высоком уровне промышленной безопасности, охраны труда и защиты окружающей среды. Один из возможных путей снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах – анализ состояния аварийности [2]. Эта процедура, являясь на сегодняшний день основополагающей в области промышленной безопасности, позволяет получать необходимую информацию для решения проблем, связанных с безопасной эксплуатацией технологических установок и других объектов нефтепереработки. Анализ статистических данных причин аварий технологических систем и оборудования и установление причинно-следственных связей позволяют оценивать фактический уровень промышленной безопасности на предприятии и принимать соответствующие превентивные меры.

Методы исследований. В данной работе проведен апостериорный анализ состояния аварийности на наиболее мощном по количеству перерабатываемого сырья нефтеперерабатывающем предприятии (НПЗ) Республики Беларусь, подлежащего учету согласно актам технических расследований аварий и инцидентов на опасном производственном объекте. В исследовании использован статистический метод, требующий сбора большого массива данных и позволяющий определить динамику по временному фактору, изучить особенности возникновения аварий и инцидентов на отдельных производствах и т.п. Статистические методы анализа аварийности разделяют на количественные, качественные и топографические. Количественный анализ обеспечивает получение фактических показателей состояния аварийности, их сравнение (сопоставление) по годам с целью выявления общих тенденций изменения. Целью качественного анализа материалов технического расследования аварий является выявление причинных факторов и установление степени влияния каждого из них на состояние аварийности. Для выявления мест с наиболее высоким риском возникновения аварий выполняют топографический анализ [3; 4].

Результаты и их обсуждение. Изучены архивные материалы и статистическая отчетность за 49 лет эксплуатации предприятия с момента пуска завода по 31.12.2011. За указанный период на заводе произошло 5 аварий и 584 инцидента (в соответствии с Законом Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и ГОСТ 27.002-89 к инцидентам относятся отказы, повреждения и нарушения), последствиями которых стали 6 несчастных случаев на производстве, в том числе острое отравление сероводородом.

Комиссиями по техническому расследованию к авариям второй категории, при которых произошло разрушение отдельных производственных сооружений, аппаратов и оборудования, приведшее к длительному простоем производственных мощностей, отнесены пять происшествий: пожар на установке первичной переработки нефти и взрыв в помещении компрессорной установки депарафинизации масел в 1972 году; два пожара на установках каталитического риформинга и ректификации бензина в 1973 году и пожар на установке каталитического риформинга прямогонного бензина в 1974 году.

Объем производства является традиционным показателем промышленной деятельности предприятий. Общеизвестно, что он может служить первичным маркером, очерчивающим остроту проблем в области промышленной безопасности и охраны труда (ПБ и ОТ). Для выявления воздействия производительности установок на состояние аварийности исследуемого предприятия выполнен корреляционный анализ влияния данного производственного показателя. На рисунке 1 представлено распределение числа аварий и инцидентов в зависимости от объема первичной переработки нефти с 1969 по 2011 год.

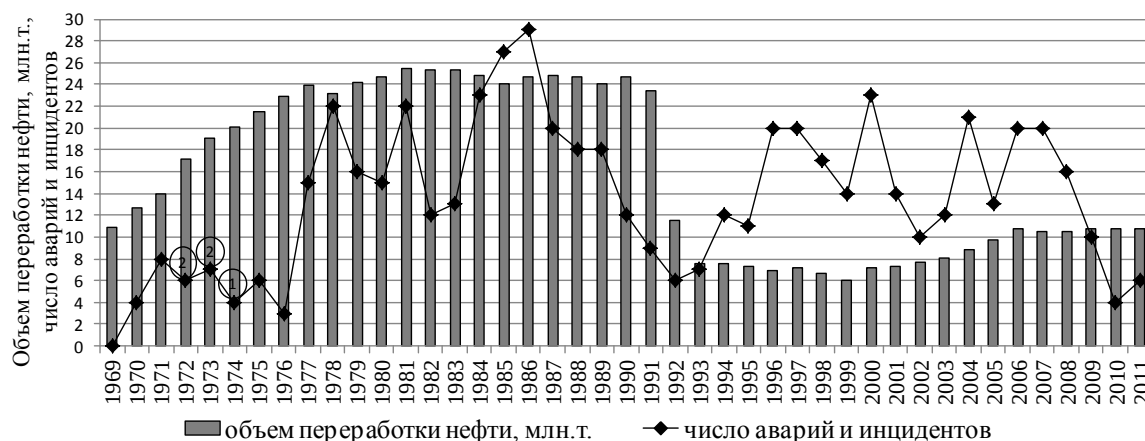


Рис. 1. Динамика объема первичной переработки нефти и числа аварий и инцидентов на НПЗ за 1969 – 2011 годы (выделены годы, в которых произошли аварии с указанием их количества)

Выявлена положительная корреляционная связь слабой силы между объемом первичной переработки нефти и количеством аварий и инцидентов на НПЗ за весь период исследования (коэффициент корреляции определен методом Пирсона и составляет 0,1857), однако в период 1969 – 1986 годов имеет место положительная корреляционная связь средней силы (коэффициент корреляции 0,6892). Таким образом, рост объемов первичной переработки нефти приводит к одновременному увеличению числа аварий и инцидентов на НПЗ. Рост числа инцидентов при резком спаде объемов переработки нефти и нефтепродуктов на НПЗ с начала 90-х годов, вероятно, обусловлен как изменением технологий, связанных с необходимостью увеличения глубины переработки нефти, расширением ассортимента и повышением качества получаемых продуктов, так и с физическим износом оборудования при недостаточном темпе модернизации действующих производств и обновления основных фондов. Установлено, что наибольшее количество инцидентов зарегистрировано в десятилетние периоды: 1980 – 1989 (33,68 %) и 2000 – 2009 годы (26,50 %), тогда как в период с 1990 по 1999 год – 21,88 %, а с 1970 по 1979 год – 15,56 %.

Распределение аварий и инцидентов в зависимости от временного фактора (месяца и дня недели) приведено на рисунке 2.

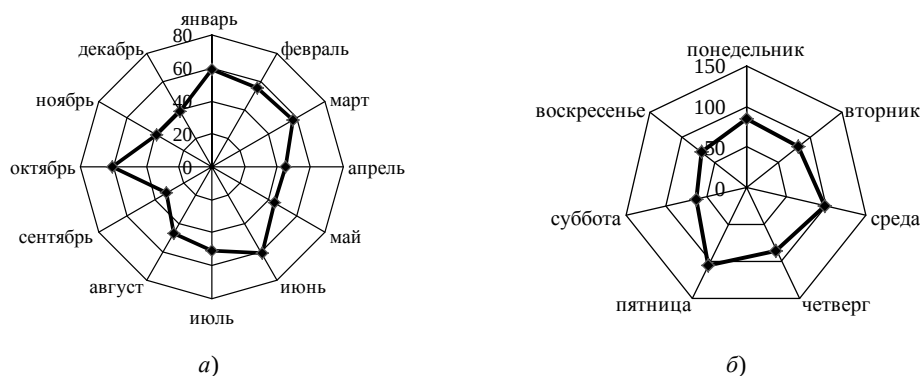


Рис. 2. Распределение числа аварий и инцидентов в зависимости от месяца (а) и дня недели (б)

Преобладающее количество аварий и инцидентов на НПЗ регистрируется в летний и зимний периоды. Вероятно, данная закономерность связана с выводом установок в летний период на плановый ремонт, реконструкцией действующих производств и выполнением других ремонтно-строительных работ. Установлено, что при выполнении пуско-наладочных работ и остановок на ремонт произошло 14,60 % анализируемых происшествий (в том числе 7,64 % при выводе установок на режим и включении в работу

оборудования). При производстве огневых и газоопасных работ зарегистрировано 4,24 % происшествий, земляных работ – 1,70 %.

Значительное количество аварий и инцидентов регистрируется в зимний период. Данный факт связан с особенностями эксплуатации НПЗ в условиях холодного климата, что обусловлено высоким риском размораживания оборудования.

Максимальное число аварий и инцидентов, как видно из рисунка 2, б, приходится на пятницу (17,97 % от общего числа), что, возможно, связано с возникновением стадии развивающегося утомления у промышленно-производственного персонала, обслуживающего технологические процессы.

Анализ публикаций по аварийности в нефтеперерабатывающей отрасли показывает, что основную опасность для промышленной территории объектов нефтепереработки представляют аварийная загазованность, пожары и взрывы, а образование взрывоопасной среды в большинстве случаев происходит из-за утечек горючей жидкости или углеводородного газа, причины которых весьма разнообразны: некачественный монтаж и ремонт оборудования; нарушение правил технологического регламента; износ оборудования; утечки продукта через прокладки, торцовые уплотнения, сальники; коррозия оборудования; переполнение промканализации; прогар труб в печах; подрыв предохранительной арматуры (ППК), переполнение емкостей, резервуаров и др.

Для установления особенностей состояния аварийности на изучаемом нефтеперерабатывающем предприятии выполнен ретроспективный анализ причин аварий и инцидентов, произошедших за период 1969 – 2011 годов, результаты которого приведены в таблице 1.

Таблица 1

Анализ причин аварий и инцидентов на НПЗ

Причины аварий и инцидентов	Виды аварий и инцидентов						
	отключение электрооборудования	остановка (отключение) технологического оборудования	пропуск продукта, загазованность	пожар	Разрушение (повреждение) оборудования	взрыв	% от общего числа
Нарушение правил технологического регламента, требований инструкций, неквалифицированные и ошибочные действия персонала, несогласованность действий, неудовлетворительное выполнение должностных обязанностей и некачественное проведение работ и т.п.	28	35	27	38	34	14	29,88
Усталостное разрушение и износ оборудования, в том числе пропуск сварного соединения и повреждение уплотнений	5	36	29	24	25	–	20,21
Отключение электроэнергии вследствие выхода из строя силового кабеля из-за старения изоляции, короткого замыкания, механического повреждения питающего кабеля и т.п.	51	30	–	9	2	2	15,96
Коррозионно-эрозионный износ	–	1	27	4	2	–	5,77
Отказ приборов КИП и А	5	18	3	4	1	–	5,26
Природные явления	4	7	10	4	1	1	4,58
Дефект завода-изготовителя (конструктивные недостатки, металлургический дефект)	2	2	4	5	3	–	2,72
Срабатывание блокировки (защиты от превышения тока, от падения напряжения, от повышения температуры, аварийная сигнализация и др.)	3	11	–	1	–	–	2,55
Пропуск ППК	1	1	5	2	–	–	1,53
Прочие	9	22	7	14	13	3	11,54

Из таблицы 1 видно, что наиболее частыми причинами аварий и инцидентов (около 30 % от общего числа) являются неквалифицированные и ошибочные действия персонала, ошибочная передача команды, несогласованность действий, низкий уровень трудовой дисциплины, недостаточный контроль за ведением работ повышенной опасности, некачественный монтаж и проведение ремонтных работ, нарушение инструкции или проекта по проведению работ, проведение огневых работ на неподготовленном месте, т.е. причины, связанные с «человеческим фактором». Данная закономерность может быть обусловлена недостаточным уровнем подготовки работников в области ПБ и ОТ, неумением принять оптимальное решение в условиях дефицита времени и психофизиологических перегрузок.

На втором ранговом месте находятся причины, связанные с выходом из строя оборудования вследствие его физического износа, а именно: усталостного разрушения и износа (7,64 %), разрушения подшипников (пар трения) (5,26 %), повреждения уплотнений насосно-компрессорного оборудования (5,09 %), пропуска сварных соединений (2,22 %).

Третье место занимают причины, обусловленные сбоями электроснабжения вследствие короткого замыкания и повреждения изоляции питающих кабелей.

Четвертое ранговое место принадлежит причинам, связанным с коррозионно-эрозионным износом оборудования, что обусловлено наличием агрессивных компонентов, присутствующих в нефти и используемых реагентах. Для нефтеперерабатывающих предприятий характерны следующие виды коррозии: точечная (питтинг), щелевая, межкристаллитная, коррозионное растрескивание под напряжением, растрескивание под действием напряжений в сульфидсодержащей среде, водородное охрупчивание, коррозия под действием щелочной воды с содержанием сероводорода, эрозия и др. [5].

По причине природных катаклизмов происходило около 5 % происшествий (ураган, воздействие грозового разряда, длительные ливневые дожди, кристаллизация продукта при низких температурах при отсутствии обогрева, размораживание оборудования и др.), а также проникновение животных на токоведущие части электрооборудования.

К остановке либо отключению оборудования (насосы, компрессоры, печи и др.) привели 27,67 % всех случаев от общего числа аварий и инцидентов; 19,02 % – к пропуску продукта; 18,34 % – к отключению электротехнического оборудования; 17,83 % – к пожару или самовоспламенению пропуска продукта; 13,75 % – к разрушению оборудования, деформации металлоконструкций, разрыву трубопроводов, прогару труб, а 3,39 % – к взрыву.

Основная причина отключений электрооборудования – старение и пробой изоляции электрокабелей и технических устройств, также ошибочные действия электротехнического персонала и повреждение электрокабелей при ведении земляных работ.

Причинами пожаров явились воспламенение или самовоспламенение нефтепродуктов при разгерметизации оборудования и коммуникаций, самовоспламенение загрязненной нефтепродуктами теплоизоляции, некачественная подготовка мест проведения огневых работ, самовоспламенение пиррофорных соединений, разряды статического и атмосферного электричества.

Большинство взрывов произошло при розжиге горелок печей в камерах сгорания и газоходах из-за нарушения порядка розжига. Имели место случаи взрывов в лотках и коллекторах самотечной системы обратного водоснабжения, а также в емкостях, резервуарах и помещениях насосных и компрессорных при проведении огневых работ.

Разгерметизация оборудования и коммуникаций происходила по причинам коррозии металла, образования трещин сварных швов и околосшовных зон, неправильного подбора или установки прокладок, недостаточной затяжки фланцевых соединений, а также разрушения подшипников насосов и электродвигателей.

Полученные данные анализа причин происшествий согласуются со статистическими данными по аварийности на Московском НПЗ, для которого нарушение режима эксплуатации технологических установок и некачественный монтаж оборудования составляют 31 % всех причин происшествий [6]. Однако на белорусском НПЗ по сравнению с московским на 10 % меньше происшествий регистрировалось вследствие износа оборудования и выброса продукта через прокладки, торцевые уплотнения, сальники, а также на 6 % меньше происшествий по причине коррозии оборудования, что, вероятно, связано с более длительной эксплуатацией Московского НПЗ.

Анализ динамики причин аварий и инцидентов, произошедших на изучаемом НПЗ за десятилетние периоды, приведен в таблице 2.

При выравнивании показателей динамического ряда изменения числа аварий и инцидентов за десятилетние периоды отмечается тенденция к их снижению по причинам, связанным с «человеческим фактором» (зависимость изменения состояния аварийности имеет линейный характер как по причинам нарушения правил технологического регламента, требований инструкций и ошибочных действий персонала ($R^2 = 0,89$), так и по причинам некачественного монтажа и ремонта оборудования ($R^2 = 0,91$)). Этот факт можно объяснить эффективно проводимой политикой предприятия в области ПБ и ОТ [4]: совершенствование работы по обучению и повышению компетентности работников в данной области; повышение уровня безопасности и т.п.

Выявлена динамика роста числа аварий и инцидентов в связи с изношенностью и выходом из строя оборудования, старением изоляции, а также коррозией оборудования, что, возможно, связано с использованием технических устройств, отработавших свой нормативный ресурс безопасной эксплуатации, невыполнением компенсирующих мероприятий по продлению сроков эксплуатации.

Уменьшается число инцидентов, обусловленных внешними и внутренними дефектами, низким качеством сварных швов, что можно объяснить совершенствованием методов неразрушающего контроля, в частности использованием физических полей излучений (акустические, магнитные, рентгеновские методы и др.).

Таблица 2

Динамика причин аварий и инцидентов за десятилетние периоды

Причины аварий и инцидентов	% от числа аварий и инцидентов за десятилетний период			
	1970 – 1979 гг.	1980 – 1989 гг.	1990 – 1999 гг.	2000 – 2009 гг.
Нарушение правил технологического регламента, требований инструкций, ошибочные действия	46,15	27,92	24,22	17,61
Некачественный монтаж и ремонт оборудования	8,79	8,12	3,13	1,89
Неудовлетворительное техническое состояние электрооборудования	4,40	9,74	10,16	25,16
Выход из строя и износ оборудования	4,40	24,87	18,75	13,21
Повреждение уплотнений	6,59	4,06	3,91	5,03
Низкое качество сварных швов	–	4,06	2,34	1,26
Коррозии оборудования	2,20	4,57	7,03	6,29
Конструктивные недостатки	6,59	3,05	1,56	2,52
Прогар труб в печах из-за местного перегрева и отложений кокса	4,40	3,05	3,13	2,52
Подрыв ППК	2,20	2,03	2,34	1,26
Неисправность приборов КИП и А	6,59	2,03	7,81	6,92
Природные явления	3,30	4,57	3,91	6,92
Проектные недоработки процесса	1,10	1,02	2,34	0,63
Прочие	3,29	0,91	9,37	8,78

На гистограмме (рис. 3) представлена динамика состояния аварийности по видам последствий аварий и инцидентов, произошедших на изучаемом НПЗ за десятилетние периоды.

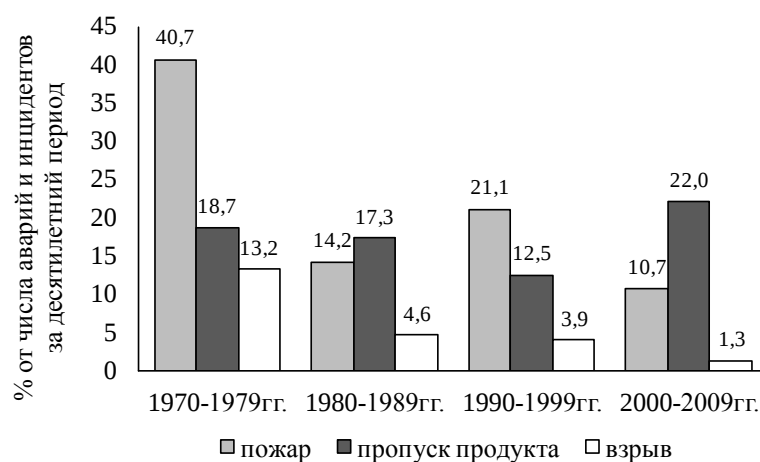


Рис. 3. Динамика состояния аварийности по видам последствий

Выявлена тенденция к снижению числа пожаров и взрывов за выбранный период наблюдения. Зависимость носит линейный характер (для пожаров $R^2 = 0,64$, взрывов $R^2 = 0,83$), что, вероятно, связано с совершенствованием работы по обеспечению пожаровзрывобезопасности оборудования и технологического процесса на предприятии.

Выполненный анализ состояния аварийности на НПЗ за период с 1969 по 2011 год в зависимости от вида технологического оборудования позволил провести сравнение полученных данных со статистическими данными по авариям в Японии [6] (табл. 3).

Ранжирование аварийности для каждого вида технологического оборудования показало, что наиболее высокая вероятность возникновения аварий и инцидентов в помещениях насосных и компрессорных – 13,58 и 14,09 % от общего числа зарегистрированных происшествий соответственно. Распределение числа аварий и инцидентов в зависимости от вида технологического оборудования в нефтепереработке разных стран отличаются. Это связано с различием применяемых технологий переработки нефтяного сырья и аппаратурного оформления процессов, уровнем оснащённости системами противоаварийной защиты, подготовки персонала и др.

Таблица 3

Анализ аварий и инцидентов в зависимости от вида технологического оборудования

Виды оборудования	Количество аварий и инцидентов, % от общего числа	
	объект исследования	японские НПЗ
Технологические трубопроводы, соединения, арматура	15,11	11,60
Помещения насосных, компрессорных	27,67	18,90
Емкости, аппаратура	13,07	15,00
Технологические печи	7,47	11,40
Ректификационные и вакуумные колонны	3,06	11,20
Промышленная канализация	1,36	8,50
Резервуарные парки	2,89	3,80
Прочие	29,37	19,60

Топографический анализ позволил определить места и участки с наиболее высокой вероятностью возникновения аварий и инцидентов. На рисунке 4 представлено распределение аварий и инцидентов по подразделениям НПЗ за период с 1969 по 2011 год.



Рис. 4. Распределение аварий и инцидентов по подразделениям НПЗ

Анализ распределения количества аварий и инцидентов по подразделениям нефтеперерабатывающего предприятия показал:

- первое место (57,56 % всех случаев) занимает основное производство нефтяных топлив и ароматических углеводородов (как наиболее многочисленное производство по числу реализуемых технологических процессов), в том числе 17,15 % зарегистрированных аварий и инцидентов связано с процессами гидроочистки дизельного топлива и керосина; по 13,92 % происшествий происходили на установках первичной переработки нефти и каталитического риформинга; 5,77 % регистрировались в процессах производства ароматических углеводородов (комплекса установок по производству бензола гидродеалкилированием толуола и ксилолов, параксилола, ортоксилола и псевдокумола и др.).

- второе ранговое место (15,79 % всех случаев) занимает основное производство смазочных масел и битумов, в том числе 3,23 % зарегистрированных происшествий выявлено на установке деасфальтизации гудрона пропаном; 2,72 % на установке вакуумной перегонки мазута; 2,38 % связано с процессами депарафинизации масел; по 1,70 % на установках селективной очистки масел фенолом и получения битумов.

- третье и четвертое ранговые места занимают вспомогательные производства нефтеперерабатывающего предприятия: цех электроснабжения (6,11 % всех случаев) и товарно-сырьевой цех (5,77 %).

Таким образом, опасность при эксплуатации разных технологических установок неравнозначна. Это обусловлено технологией, свойствами и количеством перерабатываемого сырья, плотностью размещения оборудования.

Выводы. Результаты анализа статистической отчетности и апостериорной оценки состояния аварийности на одном из нефтеперерабатывающих предприятий Республики Беларусь позволили сформулировать следующие *выводы и рекомендации*:

- за 49 лет эксплуатации предприятия произошло 5 аварий и 584 инцидента, подлежащих статистическому учету, последствиями которых стали 6 несчастных случаев на производстве;

- рост объемов первичной переработки нефти приводит к одновременному увеличению числа аварийных ситуаций, что подтверждается положительной корреляционной связью средней силы за период с 1969 – 1986 годов;

- основные причины аварий и инцидентов связаны с «человеческим фактором»;
- анализ динамики аварий и инцидентов по временному фактору (дни недели и месяцы) показал, что наиболее высок риск подобного рода происшествий в пятницу, летний и зимний периоды. Следовательно, в это время необходимо уделять больше внимания профилактической работе;
- анализ динамики состояния аварийности за десятилетние периоды позволил установить, что происходит снижение случаев пожаров и взрывов, а также аварийных ситуаций, обусловленных «человеческим фактором», что может быть связано с целенаправленной работой по предупреждению подобного рода происшествий, повышением уровня ответственности руководителей и специалистов за обеспечение безаварийной эксплуатации промышленных объектов;
- определены места с наиболее высоким риском возникновения аварийных ситуаций – это основные производства: нефтяных топлив и ароматических углеводородов; смазочных масел и битумов; на вспомогательном производстве – товарно-сырьевой цех и цех электроснабжения; высока вероятность возникновения аварий и инцидентов в помещениях насосных и компрессорных.

Поскольку обоснованность рекомендаций по безаварийной эксплуатации промышленных объектов зависит в значительной мере от объема и качества информации об инцидентах и авариях на этих объектах, разработан специализированный программный продукт, позволяющий вести учет и апостериорный анализ происшествий. Среда разработки программного продукта – Microsoft Visual Studio 2010 Express Edition, язык разработки – C#.Net. Связанные модули программного обеспечения работают под единой платформой для выдачи готового акта-отчета. Графический пользовательский интерфейс программного продукта прост и интуитивно понятен для пользователя практически любого уровня подготовленности. Сведения о происшествиях согласно актам установленных форм хранятся в базе данных. На основе имеющихся данных возможен анализ происшествий и составление ежеквартальных и ежегодных отчетов с выводом результатов в виде документа формата .doc. Кроме того, представлена возможность проведения анализа происшествий по различным показателям с выводом результатов в виде гистограмм и таблиц. В комплект программы входят шаблоны актов расследования происшествий, формирующиеся в виде файла в формате.doc. Разработанное программное обеспечение позволяет вести качественный учет происшествий и оперативно проводить их анализ с выводом результатов в виде, обеспечивающем их дальнейшее применение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: учеб. пособие для вузов / С.А. Ахметов [и др.]. – СПб.: Недра, 2006. – 868 с.
2. Ветошкин А.Г. Мониторинг и аудит промышленной и экологической безопасности / А.Г. Ветошкин // Изв. Акад. пром. экологии. – 2004. – № 1. – С. 20 – 25.
3. Булавка, Ю.А. Роль апостериорного анализа происшествий в управлении охраной труда и промышленной безопасностью на опасном производственном объекте / Ю.А. Булавка, Е.В. Стасевич // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и защиты населения и территорий в ЧС: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. (г. Ставрополь, 12 – 13 апр. 2012 г.). – Ставрополь: СевКавГТУ, 2012. – С. 22 – 24.
4. Артюх, А.А. Искра и пламя: исследования / А.А. Артюх, А.Ф. Иванько, В.Г. Тетерук. – Полоцк: Наследие Ф. Скорины, 2007. – 352 с.
5. Медведева, М.Л. Коррозия и защита оборудования при переработке нефти и газа: учеб. пособие для вузов. – М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. – 312 с.
6. Абросимов, А.А. Экология переработки углеводородных систем: учебник / А.А. Абросимов; под ред. М.Ю. Доломатова, Э.Г. Теляшева. – М.: Химия, 2002. – 608 с.

Поступила 06.08.2012

THE ANALYSIS OF CRASHES AND REFUSALS AT THE OIL REFINERY PLANT

Y. BULAVKA, O. SMILOVENKO, P. KOVALENKO, E. STASHEVICH

The systematic data on the frequency and causes of crashes and refusals at one of the oil refineries in the Republic of Belarus for the period from 1969 to 2011 are presented in the article. Data are based on documents of official statistics. The ranking of the number of crashes and refusals at departments, types of processing equipment, causes and types of effects is given. The dynamics of the time factor (year, month, day of week) and the causes of crashes and refusals have been determined. The results of the analysis of crashes and refusals can form the basis for prognosis of crashes and refusals and the guide how to eliminate the causes, to reduce risks and to ensure the highest efficiency of preventive measures at the lowest cost.