

УДК 629.039.58

АНАЛИЗ ИНЦИДЕНТОВ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

Булавка Ю.А.*, Смиловенко О.О.***, к.т.н., доцент, Сташевич Е.В. *

*Полоцкий государственный университет

**Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

e-mail: mail@kii.gov.by

Представлены систематизированные данные о частоте и причинах инцидентов на одном из нефтеперерабатывающих предприятий Республики Беларусь за период с 1998 по 2011 гг., подготовленные на основе официальной статистической отчетности. Проведено ранжирование числа инцидентов по подразделениям, группам и видам последствий (отказы I, II степени; повреждения I, II степени и нарушения). Определена динамика по временному фактору (годам, месяцам, дням недели) количества инцидентов на опасном производственном объекте, времени простоя установок и сумме материального ущерба для нефтеперерабатывающего предприятия. Полученные результаты могут стать основой для прогнозирования количества инцидентов и ориентиром по устранению управляемых причин их возникновения, снижению профессиональных рисков, обеспечивая наивысшую результативность превентивных мер при наименьших затратах.

The systematic data on the frequency and causes of the incidence in one of the oil refineries in the Republic of Belarus for the period from 1998 to 2011 are presented in this article. The ranking of the number of incidents at departments, groups and types of effects (failures of degree I, II, damage of degree I, II, violation) is given. The dynamics of the time factor (year, month, day of week), the number of incidents at hazardous production facilities, plant downtime and the amount of material damage to the refinery has been determined. The obtained results of the analysis of incidents can become the basis for their prognosis and the guide managed to eliminate the causes, to reduction of occupational risks and to ensure the highest efficiency of preventive measures at the lowest cost.

(Поступила в редакцию 23 марта 2012 г.)

ВВЕДЕНИЕ

Новополоцкий и Мозырьский нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) являются базовым сегментом топливно-энергетического комплекса, закладывающего основы долгосрочного и стабильного развития Республики Беларусь. Основные технологические установки построены в 70-е годы, затем реконструированы и приближены к современным стандартам технологических процессов. На сегодняшний день производство нефтепродуктов на белорусских НПЗ основано на использовании современных технологий и оснащено высокопроизводительным оборудованием, что позволяет обеспечить высокий уровень механизации и автоматизации технологических процессов.

Современный нефтеперерабатывающий завод – это сложный технический комплекс, включающий в себя технологическое оборудование, здания, инженерные коммуникации и вспомогательные сооружения [1], характеризующийся высокой степенью опасности, обусловленной использованием в технологическом процессе токсичных, пожаро- и взрывоопасных веществ, что может быть причиной аварий и инцидентов с тяжелыми последствиями: человеческими жертвами, материально-техническими и финансовыми потерями и нанесением вреда экологии региона.

Обязательным условием функционирования комплексной системы управления охраной труда и промышленной безопасностью (ОТ и ПБ) на предприятиях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, в соответствии с требованиями ILO-OSH 2001,

OHSAS-18001, СТБ 18001 и др., является мониторинг и анализ количественных показателей несчастных случаев и профессиональных заболеваний, аварий, инцидентов и др., определяющих уровень безопасности на рабочих местах и эффективность управленческих решений по снижению профессионального риска [2, 3].

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данной работе проведен анализ инцидентов, произошедших на наиболее мощном по количеству перерабатываемого сырья НПЗ Республики Беларусь, подлежащих учету согласно актам технических расследований инцидентов на опасном производственном объекте. В исследовании применен статистический метод анализа, требующий сбора большого массива данных и позволяющий определить динамику по временному фактору, изучить особенности возникновения инцидентов на отдельных производствах [3, 4].

РЕЗУЛЬТАТЫ, И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании данных статистической отчетности за период с 1998 по 2011 гг. установлено, что на изучаемом нефтеперерабатывающем предприятии произошло 202 инцидента, при которых пострадало 3 человека. Динамика изменения количества инцидентов за указанный период приведена на рис. 1, а, распределение инцидентов в зависимости от месяца и дня недели – соответственно на рис. 1, б и в.

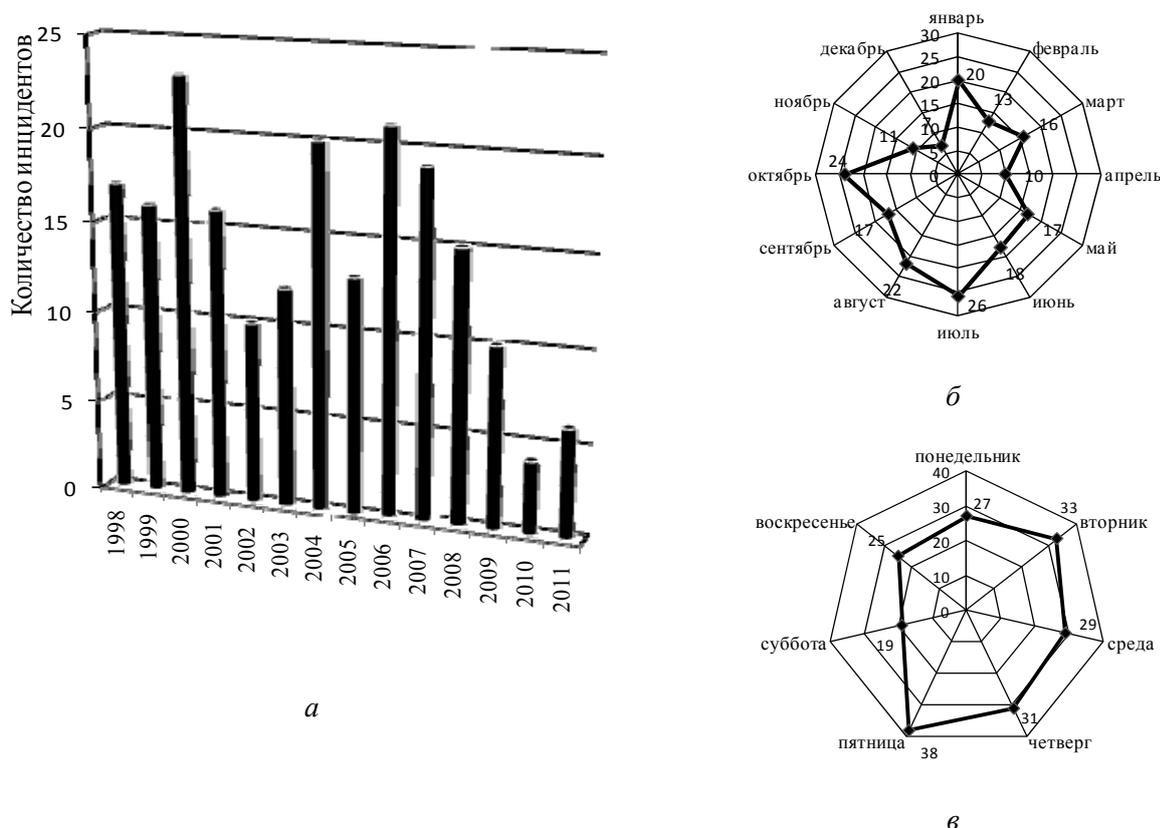


Рисунок 1 – Распределение инцидентов по годам (а), в зависимости от месяца (б) и дня недели (в)

Как показано на рис. 1, а, распределение инцидентов по годам неравномерное, скорость изменений различна. Наибольший темп роста отмечен в 2004 г. (66,7 %) и 2006 г.

(61,5 %). При выравнивании методом наименьших квадратов показателей динамического ряда выявлена тенденция к ежегодному снижению числа инцидентов за период изучения, зависимость изменения количества инцидентов с 2006 по 2011 гг. имеет линейный характер (величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,924$).

Преобладающее количество инцидентов на НПЗ регистрируется в летне-осенний период (рис. 1, б), что может быть связано с выводом установок на плановый ремонт, реконструкцией действующих производств и выполнением других ремонтно-строительных работ. Установлено, что при выводе установок на режим, в период подготовки к пуску и вывода на ремонт технологического оборудования произошли 9,4 % всех инцидентов на исследуемом НПЗ, по 2,9 % – при производстве земляных работ и проведении огневых работ. Максимальное число инцидентов, как видно из рис. 1, в, приходится на пятницу, что, возможно, связано с возникновением стадии развивающегося утомления у промышленно-производственного персонала, обслуживающего технологические процессы.

Простоя установок и материального ущерба для предприятия не повлекли за собой 33,2 % инцидентов, произошедших за период с 1998 по 2011 гг.; привели к материальному ущербу – 19,3 %, к простою установок – 20,8 %; к нарушению технологических режимов на установках (в т.ч. к остановке установки, блока или загазованности) привели 32,2 % инцидентов. На рис. 2, а, б представлена динамика времени простоя установок и суммы материального ущерба от инцидентов.

Из рис. 2, а видно, что суммарное время простоя установок вследствие инцидентов колеблется в значительных пределах из года в год от 10 минут до 8 суток 10 часов, что определяется серьезностью последствий выявленных инцидентов. Наиболее значительный материальный ущерб понесло предприятие в период с 1999 по 2004 гг.; в дальнейшем (с 2003 по 2011 гг.), прослеживается тенденция снижения материального ущерба от последствий инцидентов. Выявлена слабая положительная корреляционная связь между временем простоя установок и суммой материального ущерба (коэффициент корреляции определен методом квадратов (метод Пирсона) и составляет 0,1937). Таким образом, уменьшение времени простоя установок от инцидентов приводит к одновременному снижению суммы материального ущерба.

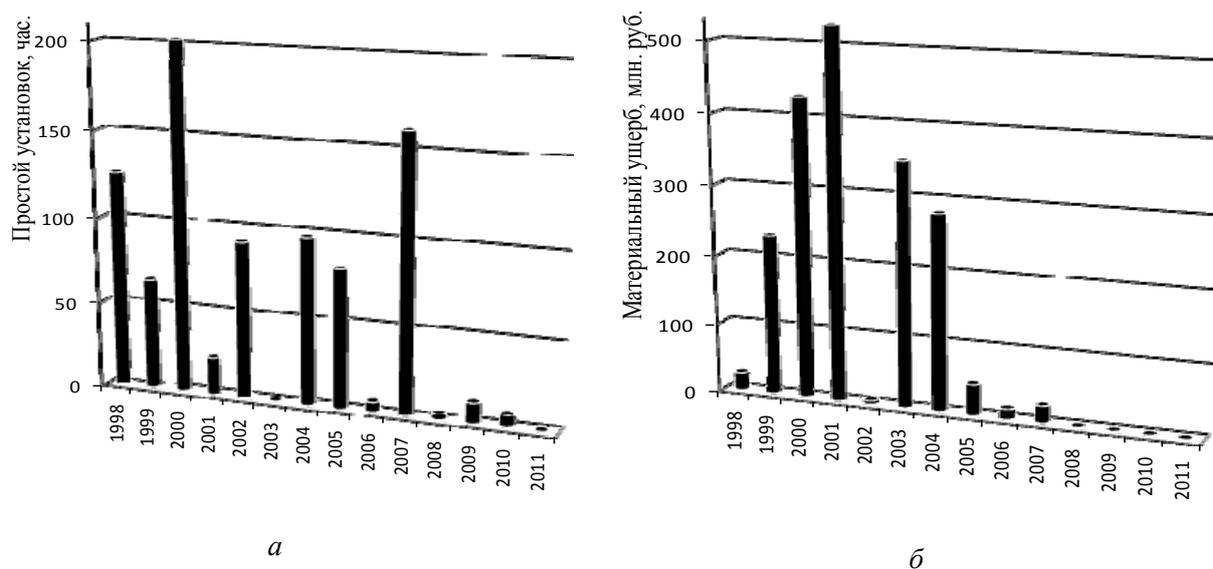


Рисунок 2 – Динамика времени простоя установок (а) и суммы материального ущерба (б)

В табл. 1 приведены результаты анализа причин инцидентов, произошедших на нефтеперерабатывающем предприятии за период с 1998 по 2011 гг.

Таблица 1 – Анализ причин инцидентов на НПЗ за период с 1998 по 2011 гг.

Причины инцидентов \ Виды инцидентов	Отключение электрооборудования	Остановка (отключение) технологического оборудования	Пропуск продукта, загазованность	Пожар	Разрушение (повреждение) оборудования	% от общего числа
Неквалифицированные и ошибочные действия персонала, недостаточный контроль за ведением работ повышенной опасности и некачественное проведение работ, нарушение инструкции, проекта по проведению работ, проведение огневых работ на неподготовленном месте	4	13	3	11	8	19,02
Короткое замыкание (разрушение контакта, пробой изоляторов и др.)	9	15	-	2	1	13,17
Повреждение изоляции питающих кабелей	6	10	-	1	-	8,29
Коррозионно-эрозионный износ	-	1	15	1	1	8,78
Отказ приборов КИП и А	5	7	1	1	-	6,83
Природные явления	-	5	8	1	-	6,83
Срабатывание блокировки (защиты от превышения тока, от падения напряжения, по повышению температуры, аварийная сигнализация и др.)	3	8	-	-	-	5,37
Повреждение уплотнений	-	4	6	-	1	5,37
Разрушение подшипника (пар трения)	-	1	4	-	1	2,93
Усталостное разрушение и износ оборудования, пропуск сварного соединения	1	1	1	-	2	2,44
Посадка напряжения на ТЭЦ, прекращения подачи электроэнергии	2	3	-	-	-	2,44
Дефект завода-изготовителя (конструктивные недостатки, металлургический дефект)	-	-	4	1	-	2,44
Пропуск предохранительной арматуры (ППК), сбой в работе системы ПАЗ	1	1	2	-	-	1,95
Попадание постороннего предмета	1	1	1	-	-	1,46
Попадание жидкой фазы в систему газообразного топлива, охлаждающей воды в перекачиваемый продукт	-	2	-	-	1	1,46
Ослабление крепления связанные с местными концентрациями напряжений в зоне термического влияния	-	1	2	-	-	1,46
Прочие	6	9	1	-	4	9,76

Ретроспективное изучение статистики инцидентов, произошедших за период с 1998 по 2011 гг. на НПЗ, показало, что самыми частыми причинами инцидентов (более 19 % от общего числа) является неквалифицированные и ошибочные действия персонала, ошибочная передача команды, недостаточный контроль за ведением работ повышенной опасности, недостаточный контроль за работой оборудования и некачественное проведение работ, некачественный монтаж, нарушение инструкции, проекта по проведению работ, проведение огневых работ на неподготовленном месте и др., т. е. причины, связанные с так называемым «человеческим фактором». Данный факт может быть обусловлен недостаточным уровнем подготовки работников в области ОТ и ПБ, неумением принять оптимальное решение в условиях дефицита времени и психофизиологических перегрузок.

Второе и четвертое места занимают энергетические причины, связанные со сбоями электроснабжения. 13,2 % от общего числа инцидентов произошли вследствие короткого за-

мыкания (разрушения контакта, пробоя изоляторов и др.) и 8,3 % – вследствие повреждения изоляции питающих кабелей (пробоя, разрыва, механического повреждения кабеля, ухудшения изоляции питающих кабелей при проведении земляных работ).

Третье ранговое место принадлежит причинам, связанным с коррозионно-эрозионным износом оборудования (8,8 % от общего числа инцидентов), 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].

Пятое и шестое место (по 6,8 % от общего числа) занимают причины, обусловленные отказами контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИП и А) и природными катаклизмами (ураган, воздействие грозового разряда, длительные ливневые дожди, кристаллизация продукта при низких температурах при отсутствии обогрева, размораживание оборудования и др.).

К прочим причинам инцидентов отнесены падение трубопровода, перегрузка электродвигателя, отсутствие опор, обрушение эстакады и др.

К остановке либо отключению оборудования (насосы, компрессоры, печи и др.) привели 40 % всех случаев от общего числа инцидентов; 18,5 % – к отключению электротехнического оборудования; 23,4 % – к пропуску продукта; 9,3 % – к разрушению оборудования, деформации металлоконструкций, разрыву трубопроводов, прогару труб и др.; 8,8 % – к пожару или самовоспламенению пропуска продукта. Следует также отметить, что 68,3 % всех пожаров произошли по причине недостаточной подготовки рабочего места при проведении огневых работ.

На рис. 3 представлено распределение инцидентов по подразделениям НПЗ за период с 1998 по 2011 гг.



Рисунок 3 – Распределение инцидентов по подразделениям НПЗ

Анализ распределения количества инцидентов по подразделениям нефтеперерабатывающего предприятия позволил сделать следующие выводы:

– первое место (65,4 % всех случаев), занимает основное производство нефтяных топлив и ароматических углеводородов (как наиболее многочисленное производство по числу реализуемых технологических процессов), 24,2 % зарегистрированных инцидентов дан-

ного производства связано с процессами гидроочистки дизельного топлива и керосина; 17,4 % с процессами каталитического риформинга; 14,4 % происходили на установках первичной переработки нефти; 11,4 % в процессах производства ароматических углеводородов (комплекса установок по производству бензола гидродеалкилированием толуола и ксилолов, параксилола, ортоксилола и псевдокумола и др.), 9,8 % на установке мягкого гидрокрекинга;

– второе ранговое место (14,4 % всех случаев инцидентов), занимает основное производство смазочных масел и битумов: 55,2 % зарегистрированных инцидентов данного производства выявлено на установке вакуумной перегонки мазута; по 17,2 % – на установках селективной очистки масел фенолом и деасфальтизации гудрона пропаном; 6,89 % связано с процессами депарафинизации масел;

– третье и четвертое ранговые места занимают вспомогательные производства нефтеперерабатывающего предприятия: товарно-сырьевой цех (6,5 % всех случаев) и цех электроснабжения (4,5 % всех случаев), соответственно;

– оставшаяся часть инцидентов приходится на производство энергоснабжения и очистных сооружений, цех контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИП и А), когенерационную газотурбинную установку (КГТУ) и др.

В соответствии с основными понятиями и определениями статьи 1 Закона Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и Государственного стандарта ГОСТ 27.002-89 к инцидентам относятся отказы, повреждения и нарушения. На рис. 5 приведено распределение 130 инцидентов, произошедших за десятилетний период с 2002 по 2011 гг., по группам и видам последствий.

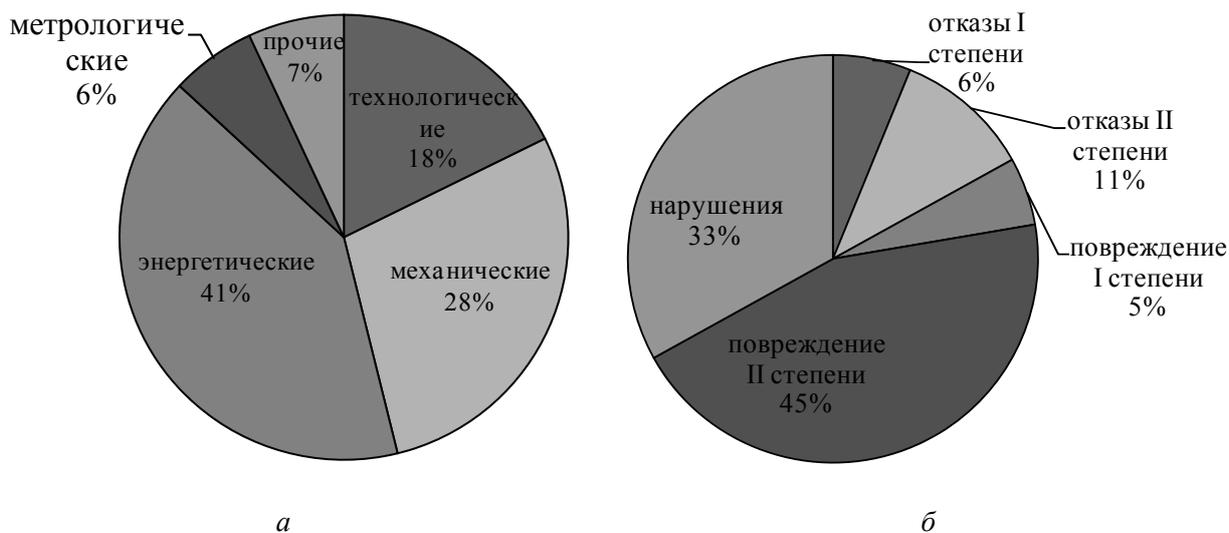


Рисунок 4 – Распределение инцидентов по группам (а) и видам последствий (б)

На рис. 4, а показано, что 40,8 % зарегистрированных инцидентов относится по характеру и принадлежности к службе к группе энергетических, возникающих в результате выхода из строя энергетического оборудования и сбоев в энерго- и электроснабжении; 28,5 % – к группе механических, возникающих в результате выхода из строя и повреждения оборудования, трубопроводов, запорной и предохранительной арматуры; 17,7 % – к группе технологических, связанных с нарушениями ведения технологического процесса, норм технологического режима; 6,2 % – к группе метрологических, связанных с выходом из строя средств контроля, управления и противоаварийной защиты процессов.

Из рис. 4, б видно, что преобладающий вид последствий – это повреждения II степени (43,8 % случаев), к которым относится внезапное проявление неисправности технического устройства, требующее на устранение более 1 смены, при затратах менее шестимесячной нормы амортизационных отчислений на устройство без уменьшения суточного выпуска

продукции производственным объектом. Более 33 % инцидентов признаны нарушениями, к которым относится установленный факт невыполнения требований Закона Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», иных нормативных правовых актов, устанавливающих правила ведения работ на опасных производственных объектах; требований конструкторской документации, технологических регламентов. К нарушениям также относятся: взрывы, хлопки и пожары, не относящиеся по характеру и последствиям к отказам и повреждениям; прекращение или нарушение параметров подачи на производственные объекты сырья, энергоносителей, воздуха, КИП и А, воды и т. п.). Третье место по виду последствий занимают отказы II степени (10 % случаев), к которым относится внезапная остановка работы технического устройства или технологической системы, применяемых на опасном производственном объекте, без взрыва, разрушения этого устройства, системы, зданий или сооружений с прекращением выпуска этим устройством продукции или выполнения производственных функций менее чем на 1 сутки.

ВЫВОДЫ

Результаты анализа статистической отчетности об инцидентах, произошедших на одном из НПЗ Республики Беларусь, позволили сформулировать следующие выводы и рекомендации:

- за период с 1998 по 2011 гг. на изучаемом нефтеперерабатывающем предприятии произошло 202 инцидента, подлежащих статистическому учету, при которых пострадало 3 человека. Выявлена тенденция к ежегодному снижению числа случаев инцидентов за указанный период, что может быть связано с более высоким уровнем ответственности руководителей и специалистов за обеспечение безаварийной эксплуатации промышленных объектов, целенаправленной работой по предупреждению инцидентов и аварий;
- анализ динамики инцидентов по временному фактору (дни недели и месяцы) показал, что наиболее высока вероятность подобного рода происшествий в пятницу и летне-осенний период. В связи с этим, в это время необходимо уделять больше внимания профилактической работе;
- суммарное время простоя установок вследствие инцидентов колеблется в значительных пределах, что определяется серьезностью последствий происшествий. Наиболее значительный материальный ущерб понесло предприятие в период с 1999 по 2004 гг.;
- основные причины инцидентов на изучаемом НПЗ связаны с «человеческим фактором», поскольку произошли вследствие неквалифицированных и ошибочных действий персонала, ошибочной передачи команды, недостаточного контроля за ведением работ повышенной опасности и т.п.;
- определены места с наиболее высокой вероятностью возникновения инцидентов – это основные производства: нефтяных топлив и ароматических углеводородов; смазочных масел и битумов; на вспомогательном производстве – товарно-сырьевой цех и цех электрооборудования;
- преобладающий вид происшествий, приводящий к инцидентам – повреждения II степени, нарушения и отказы II степени, наиболее распространена группа энергетических инцидентов.

Поскольку обоснованность рекомендаций по безаварийной эксплуатации промышленных объектов зависит, в значительной мере, от объема и качества информации об инцидентах и авариях на этих объектах, разработана информационная система, позволяющая накапливать, хранить, анализировать информацию о происшествиях на предприятиях, эксплуатирующих опасные производственные объекты. Информационная система реализована в виде компьютерной программы и представляется пользователю в виде экранной таблицы, в графы которой вводятся требуемые данные об инциденте. По мере накопления информации по запросу пользователя происходит обновление результатов и их анализ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметов, С.А. и др. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие для вузов. – СПб. : Недра, 2006. – 868 с.
2. Роль аттестации рабочих мест для оценки профессиональных рисков / Булавка Ю.А., Чеботарев П.А. // Якість технологій та освіти – Харків : УПА, 2011. – № 2, с. 71-75.
3. Анализ производственного травматизма на нефтеперерабатывающем предприятии/ Булавка Ю.А. // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В, Прикладные науки. Промышленность. – 2011. – № 3. (с. 130–137).
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: Учебное пособие для вузов. – М. : ФГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. – 312 с.