

# Анализ и оценка существующих подходов к системе управления безопасностью на промышленных предприятиях с химически опасными объектами

**ЕМЕЛИН Павел Владимирович**, д.т.н., профессор, зам. директора, [emelinszk@mail.ru](mailto:emelinszk@mail.ru), ТОО «НАКС ГАЦ», Казахстан, Караганда, ул. Абая, 42.

**Аннотация.** Целью работы является определение факторов оценки риска аварийных ситуаций на промышленных предприятиях, на территории которых имеются химически опасные объекты. Проведена оценка действующих специализированных баз данных, содержащих информацию о промышленных авариях и инцидентах, происшедших на предприятиях химической обрабатывающей промышленности мирового пространства. Авторами осуществлена оценка существующих систем управления безопасностью технологических процессов предприятий, а также действующей законодательной, нормативной базы Республики Казахстан. Выявлены общность и особенности в подходах к оценке системы управления безопасностью на предприятии. Исследовательской группой на основе проведенного анализа были сформированы 4 основных кластера с позиции оценки функционирования системы управления безопасностью на предприятии. Это позволит в дальнейшем использовать их в качестве критериальных множеств при определении вклада и оценке риска аварии на предприятиях с химически опасными объектами.

**Ключевые слова:** система управления безопасностью процесса, авария, инцидент, химически опасный объект, кластер, критериальный параметр, база данных, чрезвычайная ситуация, проверочный лист.

## Введение

Предприятия химической отрасли характеризуются сложными технологическими процессами и специфическим оборудованием, требующими от руководства и персонала особых знаний и внимания. Аварии в нефтяной и химической промышленности могут нанести очень большой ущерб как промышленному предприятию, где произошла авария, так и другим компаниям, если их объекты расположены недалеко от места аварии. Очень часто такие аварии приводят к большому количеству пострадавших как среди работающего персонала, так и проживающих вокруг предприятия жителей и, как следствие, значительным экономическим затратам на восстановление от их последствий.

Анализ развития аварий показывает, что для многих видов чрезвычайных ситуаций (ЧС) необходимо установить единые критерии, отражающие характер аварий и позволяющие определить уровень угроз ЧС для предприятий с химически опасными объектами (ХОО).

Развитие систем управления рисками в международной практике, в том числе и в сфере предупреждения последствий техногенных ЧС, требует применения системного подхода при учете и

изучении разнообразных факторов, влияющих на безопасность труда. Наряду с этим необходимо проведение всестороннего анализа существующей нормативной базы в области промышленной безопасности и охраны труда, чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

## Теория вопроса

Проведенный анализ причин, происшедших в мире за последние 50 лет аварий, показывает, что уровень аварийности в химической обрабатывающей промышленности (chemical process industry, CPI) высок и приводит к гибели людей, значительным потерям имущества и ущербу окружающей среде [1, 2]. Постоянное совершенствование знаний и понимание причин аварийности жизненно важно для обеспечения безопасности процесса.

В Республике Казахстан, согласно официальным данным (ответ на запрос, письмо от 11.08.2021г. №19-05-10-4158/1148), предоставленным Комитетом промышленной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан, за период с 2011 года по настоящее время аварий на опасных производственных объектах химической отрасли, в результате которых произошли несчастные случаи, не

зарегистрировано.

Существуют несколько специализированных баз данных, содержащих информацию о промышленных катастрофах, авариях и инцидентах, происшедших в США. К ним относятся База данных о сбоях (Failure Knowledge Database) из Японии, Система сообщений о крупных авариях (Major Accident Reporting System) под управлением Европейского союза, Служба данных о крупных опасностях (Major Hazard Incident Data Services) Управления по охране здоровья (Health Safety Executive) в Великобритании, а также база данных Совета по расследованию химической безопасности и опасностей (Chemical Safety and Hazard Investigation Board) в США.

Однако между существующими базами данных нет полной синхронизации, поскольку некоторые из них собирают статистическую информацию о зарегистрированных авариях, в то время как другие нацелены на сбор информации об авариях в качестве поставщика услуг данных об авариях [3].

Как правило, системы отчетности предоставляют только общую информацию об авариях, без решения проблем и разработки рекомендаций по увеличению безопасности предприятия от химических аварий. Предоставленной информации недостаточно для информирования других компаний о рисках и опасностях, которые способствуют возникновению несчастных случаев и аварийных ситуаций.

Чтобы предотвратить крупные промышленные аварии, многие страны, включая Соединенные Штаты Америки, Соединенное Королевство, Европейский Союз и азиатские страны, такие как Япония, Корея и Сингапур, внедрили управление безопасностью процесса (Chemical process industry, PSM) [1].

Управление безопасностью процесса (PSM) – это постановление, введенное в действие федеральной администрацией по охране труда (Occupational Safety and Health Administration, OSHA). Оно было разработано как инструмент, помогающий компаниям предотвратить ненадлежащее обращение с особо опасными химическими веществами (НС) или их выбросы. Элементы PSM включают несколько требований, в частности обращение, использование, перемещение, хранение или производство опасных химических веществ НС [4]. Управление безопасностью процесса (PSM) охватывает аспект идентификации опасностей процесса, понимания уровня риска и снижения опасностей для предотвращения отказов, связанных с производственным процессом. Необходимость понимания того, как элементы безопасности процесса выходят из строя, имеет важное значение для повышения качества усилий по предотвращению аварий. OSHA требует от работодателей наличие системы управления безопасностью процессов, которая следует 14 правилам и практикам.

Данные 14 категорий элементов PSM исследовательской группой были сгруппированы в 4 основных кластера с позиции оценки функционирования системы управления безопасностью на предприятии: организационные, технические (оборудование), человеческие (персонал), технологические (проектные) и применяемые в технологическом процессе аварийно химические опасные вещества (АХОВ).

Комплекс мероприятий по следующим направлениям составили кластер организационных критериальных параметров оценки системы управления безопасностью на предприятии: обучение управлению производственной безопасностью; наличие на предприятии отдела (ответственного лица) по промышленной безопасности и охране труда; выполнение письменных рабочих процедур и задач с четкими инструкциями; проведение анализа опасностей процесса (РНА) для выявления, оценки и контроля опасностей процессов; проверка соответствия оборудования и конструкции проектным спецификациям; проведение периодических проверок рабочих мест и оборудования; наличие программ стимулирования безопасности; наличия подробного плана действий в чрезвычайных ситуациях; проведение периодического аудита управления производственной безопасностью; способность предоставлять всю информацию, необходимую для соответствия PSM; предоставление сотрудникам и их представителям доступ к анализу рисков и опасностей процесса, а также ко всей соответствующей информации; наличие отчетности об инцидентах и происшествиях на рабочем месте.

Оценка надлежащего контроля и надзора за применяемым оборудованием на ХОО составили кластер технических критериальных параметров оценки системы управления безопасностью на предприятии: соответствие постоянной целостности критически важного технологического оборудования на рабочем месте (систем трубопроводов, включая компоненты, клапаны; сосудов под давлением и резервуаров для хранения; систем и устройств сброса и вентиляции; органов управления (устройства контроля, сигнализации, датчики, блокировки); систем аварийного отключения; насосы).

Нарушение и невыполнение работающим персоналом установленных правил на предприятии составляют кластер человеческих (работающий на промышленном предприятии персонал) критериальных параметров оценки системы управления безопасностью на предприятии: уровень знаний персонала о АХОВ, с которыми работает (допустимые пределы воздействия, токсичность, данные о реактивности, данные о коррозионной активности, физические данные, данные термической и химической стабильности, опасные последствия случайного смешивания разных материалов) и о технологии процесса (технологическая химия, максимальный предпо-

лагаемый инвентарь, блок-схема или упрощенная блок-схема процесса, безопасные верхние и нижние пределы для таких рабочих параметров, оценка последствий отклонений, особенно влияющих на здоровье и безопасность сотрудников); соответствие знаний подрядчиков требованиям техники безопасности (ТБ); выполнение ТБ при огневых работах (сварочных работах, требований OSHA для пожарной охраны).

Применение проектных решений и специфика применяемых в технологическом процессе АХОВ формируют кластер технологических (проектных) критериальных параметров оценки системы управления безопасностью на предприятии, с учетом применяемых в технологическом процессе АХОВ (физико-химическим, токсикологическим и иным свойствам химически опасного вещества): свойства АХОВ (допустимые пределы воздействия, токсичность, данные о реактивности, данные о коррозионной активности, физические данные, данные термической и химической стабильности, опасные последствия случайного смешивания разных материалов); функционирование системы «Управление процессом изменений» (обработка химикатов, изменения в технологии компании, изменения в оборудовании, изменения в процедурах компании, изменения в оснащении).

Кроме того, к внешним факторам, которые могут привести к аварийным ситуациям, относятся природные явления, такие как плохая погода, землетрясения, наводнения, молнии, цунами и оползни.

Анализ аварий, зафиксированных в базах данных, показал следующее распределение: невыполнение в полном объеме организационных мероприятий являлось главным виновником происшедших аварий (43%), ненадлежащий контроль и надзор за применяемым оборудованием были определены как вторые по величине (25%) причины аварий, за ними следуют ошибки в применении проектных решений (23%) и невыполнение установленных правил персоналом (9%) из общего объема причин аварий. Природа как причина несчастных случаев в отчетности практически не имела места. Как правило, причин бывает одновременно несколько [5]. Эти аварийные ситуации с множественными первопричинами были классифицированы как происшествия с тремя или менее причинами происшествий (64%) и несчастные случаи с более чем тремя причинами происшествий (24%). Только 12% несчастных случаев были вызваны одной первопричиной.

С целью осуществления Государственного контроля и надзора в сфере гражданской защиты, выполнения производственного контроля и поддержания высокого уровня безопасности труда на предприятиях с ХОО в Республике Казахстан разработаны критерии оценки степени риска и проверочных листов в области промышленной безопасности (в редакции 2018 года). В

соответствии с [6] разработан проверочный лист в сфере государственного надзора в области промышленной безопасности в отношении опасных производственных объектов химической отрасли промышленности (согласно приложению 19 к совместному приказу). Данные проверочные листы являются контрольными списками (Checklists) и относятся к группе методов качественных оценок опасности, основанных на изучении соответствия условий эксплуатации опасных производственных объектов требованиям промышленной безопасности.

Согласно разработанным «Критериям оценки степени риска, применяемым для особого порядка проведения проверок в области промышленной безопасности» [7] (раздел 18 «Требования для опасных производственных объектов химической отрасли промышленности»), существуют 23 основных направления критериев. Проведенная оценка и всесторонний анализ критериев по всем направлениям позволили исследовательской группе произвести группировку по ранее определенным кластерам:

- кластер организационных критериальных параметров оценки системы управления безопасностью на предприятии: содержание территории предприятия (участка) в надлежащем порядке (объекта в чистоте, хранение в негорючих контейнерах, люки, ямы и колодцы – закрытыми); наличие документации: технологических регламентов, актов ежегодного контроля, проверки исправности схем, систем и оборудования согласно регламентированному сроку, актов по испытанию оборудования, журналов и отметок в них, паспортов на оборудование, документации (графика, нарядов-допусков) по проведению ревизии, осмотра и ремонта оборудования и контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА); проведение проверки системы контроля и управления технологическими процессами; применение КИП и средств автоматизации с неистекшим сроком поверки, имеющих разрешение на их применение, содержание в надлежащем порядке; содержание в надлежащем порядке систем вентиляции, отопления, канализации на предприятии в целом, участках, рабочих местах; выполнение требований правил безопасности (ТБ) по оборудованию, хранению, при выполнении технологических операций; соответствие рабочих мест.

- кластер технических критериальных параметров оценки системы управления безопасностью на предприятии (старение оборудования, материалов, конструкций): наличие предохранительных систем (обратные клапаны, запорные клапаны, предохранительные клапаны, запорная арматура, заглушки, вспомогательные трубопроводы, гидрозатворы); наличие контрольно-измерительных приборов (с учетом технологического процесса и используемого АХОВ); соответствие трубопроводов (включая компоненты, клапаны); соответствие эксплуатации преобразовательных

подстанций для электрофильтров, систем освещения, систем связи; насосы; сосуды под давлением и резервуары для хранения; системы и устройства сброса, дренажа и вентиляции.

- кластер человеческих (работающий на промышленном предприятии персонал) критериальных параметров оценки системы управления безопасностью на предприятии: соответствие знаний персонала ТБ; наличие укомплектованных бригад.

- кластер технологических (проектных) критериальных параметров оценки системы управления безопасностью на предприятии, с учетом применяемых в технологическом процессе АХОВ (физико-химическим, токсикологическим и иным свойствам химически опасного вещества): соответствие проектным решениям для зданий и сооружений; соответствие проектным решениям защитных и предохранительных устройств (наличие автоматизации производств, предусматривающей аварийную, предупредительную, технологическую сигнализацию, блокировку); соответствие проекту работы технологических линий; наличие согласно проекту контрольно-измерительных приборов; наличие согласно проекту систем вентиляции, отопления, канализации, водопровода, освещения на предприятии в целом, участках, рабочих местах; соответствие проектным решениям мест хранения (емкости, приемные бункера, вагоны-цистерны) АХОВ; недопущение установки или подвески нового оборудования и коммуникаций без предварительного освидетельствования; наличие расчета радиуса опасной зоны для складов; выполнение монтажных работ без отступления от проекта и с согласованием с проектной организацией.

Проведя критический анализ используемых критериев в различных методах и моделях, а также учитывая мнение экспертов в данной области и специалистов-производственников, исследовательской группой были дополнительно включены в вышеописанные кластеры следующие множества критериев:

- кластер технических критериальных параметров оценки системы управления безопасностью на предприятии:

1) оценка значимости коэффициента износа основных фондов, доли;

2) оценка значимости коэффициента замены основных средств, доли;

- кластер человеческих (работающий на промышленном предприятии персонал) критериальных параметров оценки системы управления безопасностью на предприятии:

1) график трудового процесса;

2) при оценке уровня знаний персонала (подрядчиков) ТБ и производственных инструкций, о АХОВ, с которыми работает, и технологии процесса производства учитывать умение действовать в случае отказа оборудования или возникновения нештатной ситуации, умение пользоваться средствами индивидуальной защиты.

### Выводы

Потенциальная опасность химически опасных объектов во всём мире достаточно высока. Для ЧС на химически опасных объектах характерны особо опасные последствия, с которыми в первую очередь сталкивается их персонал.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о необходимости проведения дальнейших исследований, результаты которых позволят снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций на предприятиях с химически опасными объектами.

Оценка существующих систем управления безопасностью процессов предприятий, стандартов управления производственной безопасностью, а также действующей законодательной, нормативной базы Республики Казахстан позволила исследовательской группе сформировать основные кластеры по направлениям оценки возможных причин аварий, несчастных случаев: организационные; технические (оборудование); человеческие (персонал); технологические (проектные) и применяемые в технологическом процессе АХОВ, которые будут являться базисом при определении показателя опасности – одного из основных показателей оценки риска возможности возникновения аварийной ситуации и несчастных случаев.

Данное исследование выполнялось и финансируется/финансировалось в рамках проекта АР09259869 Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chin K.Y., Piong H.S., Kamarizan K., Mohamed W.A., Mimi H.H., Mohd J.K., Hamidah K., 2017. Contribution of Permit to Work to Process Safety Accident in the Chemical Process Industry. Chemical engineering transactions, Vol. 56, 883-888.
2. Istochka E, Ivanova K. Liability Risk Assessment at Skarvik Port. Chalmers university of technology. Göteborg, Sweden, 2011. C-64.
3. Jihan A.J., Kamarizan K., Siti S.S., Hamidah K., Onn H., Haslenda H. An analysis of major accident in the Us chemical safety board (CSB) database. Jurnal Teknologi., 2015. EISSN 2180-3722. C. 54-60.
4. Safety by design. [Electronic resource]. – URL: <https://www.safetybydesigninc.com/what-is-process-safety-management-osh-psm-standards/#1>
5. Nor A.E.H., Kamarizan K., Siti S.S., Anwar J., Haslenda H. Lessons learned from process equipment failures in the chemical process industry. Jurnal Teknologi. 2015. C. 43-52.
6. Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов химической отрасли промышленности: Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 17 февраля 2015 года № 10276. [Электронный ресурс]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1400010276>
7. Об утверждении критериев оценки степени риска и проверочных листов в области пожарной безопасности и гражданской обороны: Совместный приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 15 декабря 2015 года № 1206 и Министра национальной экономики Республики Казахстан от 28 декабря 2015 года № 814. [Электронный ресурс]. – URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500012687>

**Химиялық қауіпті объектілері бар өнеркәсіптік кәсіпорындардағы қауіпсіздікті басқару жүйесіндегі қолданыстағы тәсілдерді талдау және бағалау**

**ЕМЕЛИН Павел Владимирович**, т.ғ.д., профессор, директордың орынбасары, [emelinszk@mail.ru](mailto:emelinszk@mail.ru), «НАКС ГАЦ» ЖШС, Қазақстан, Қарағанды, Абай көшесі, 42.

**Аңдатпа.** Жұмыстың мақсаты аумағында химиялық қауіпті объектілері бар өнеркәсіптік кәсіпорындардағы авариялық жағдайлардың қатерін бағалау факторларын айқындау болып табылады. Әлемдік кеңістіктегі химиялық өңдеу өнеркәсібі кәсіпорындарында болған өнеркәсіптік авариялар мен оқыс оқиғалар туралы ақпаратты қамтитын қолданыстағы мамандандырылған дерекқорға бағалау жүргізілді. Авторлар кәсіпорындардың технологиялық процестерінің қауіпсіздігін басқарудың қолданыстағы жүйелерін, сондай-ақ Қазақстан Республикасының қолданыстағы заңнамалық, нормативтік базасын бағалауды жүзеге асырды. Кәсіпорындардағы қауіпсіздікті басқару жүйесін бағалау тәсілдерінің ортақтығы мен ерекшеліктері анықталды. Зерттеу тобы жүргізілген талдау негізінде кәсіпорындағы қауіпсіздікті басқару жүйесінің жұмыс істеуін бағалау тұрғысынан 4 негізгі кластер құрды. Бұл оларды кейіннен химиялық қауіпті объектілері бар кәсіпорындардағы аварияның үлесін анықтау және қауіпін бағалау кезінде критериялды жиынтық ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

**Кілт сөздер:** технологиялық қауіпсіздікті басқару жүйесі, апат, оқиға, химиялық қауіпті объект, кластер, критерий параметрі, қауіп, дерекқор, төтенше жағдай, тексеру парағы.

**Analysis and Evaluation of Existing Approaches to the Safety Management System at Industrial Enterprises with Chemically Hazardous Facilities**

**YEMELIN Pavel**, Dr. of Tech. Sci., Professor, Deputy Director, [emelinszk@mail.ru](mailto:emelinszk@mail.ru), «NAKS GAC» LLP, Kazakhstan, Karaganda, Abay Street, 42.

**Abstract.** The aim of the work is to determine the factors for assessing the risk of emergencies at industrial enterprises on the territory of which there are chemically hazardous objects. An assessment was made of existing specialized databases containing information on industrial accidents and incidents that occurred at the enterprises of the chemical manufacturing industry of the world space. The authors assessed the existing systems for managing the safety of technological processes of enterprises, as well as the current legislative and regulatory framework of the Republic of Kazakhstan. The commonality and features in the approaches to the assessment of the security management system at the enterprise are revealed. Based on the analysis, the research group formed 4 main clusters from the standpoint of assessing the functioning of the security management system at the enterprise. This will make it possible to use them in the future as criteria sets in determining the contribution and assessing the risk of an accident at enterprises with chemically hazardous facilities.

**Keywords:** safety management system, accident, incident, chemically hazardous site, cluster, criterion parameter, danger, database, emergency, checklist.

## REFERENCES

1. Chin K.Y., Piong H.S., Kamarizan K., Mohamed W.A., Mimi H.H., Mohd J.K., Hamidah K., 2017. Contribution of Permit to Work to Process Safety Accident in the Chemical Process Industry. *Chemical engineering transactions*, Vol. 56, 883-888.
2. Istochka E, Ivanova K. Liability Risk Assessment at Skarvik Port. Chalmers university of technology. Göteborg, Sweden, 2011. P-64.
3. Jihan A.J., Kamarizan K., Siti S.S., Hamidah K., Onn H., Haslenda H. An analysis of major accident in the Us chemical safety board (CSB) database. *Jurnal Teknologi.*, 2015. EISSN 2180-3722. pp. 54-60.
4. Safety by design. [Electronic resource]. – URL: <https://www.safetybydesigninc.com/what-is-process-safety-management-osha-psm-standards/#1>
5. Nor A.E.H., Kamarizan K., Siti S.S., Anwar J., Haslenda H. Lessons learned from process equipment failures in the chemical process industry. *Jurnal Teknologi.* 2015. pp. 43-52.
6. Pravila obespecheniya promyshlennoj bezopasnosti dlya opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov himicheskoy otrasli promyshlennosti: Prikaz Ministra po investiciyam i razvitiyu Respubliki Kazahstan ot 17 fevralya 2015 goda no. 10276. [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1400010276>
7. Ob utverzhdenii kriteriev ocenki stepeni riska i proverochnyh listov v oblasti pozharnej bezopasnosti i grazhdanskoj oborony: Sovmestnyj prikaz Ministra po investiciyam i razvitiyu Respubliki Kazahstan ot 15 dekabrya 2015 goda № 1206 i Ministra nacional'noj ekonomiki Respubliki Kazahstan ot 28 dekabrya 2015 goda no. 814. [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500012687>