

Bulygin Yu. I.

Grand PhD in (Engineerin) sciences,
professor of the Department of life Safety
and environmental protection,
Don State Technical University

Tkacheva V. A.

Master student of the Department of life Safety
and environmental protection,
Don State Technical University

Lutkova E. M.

Master student of the Department of life Safety
and environmental protection,
Don State Technical University

ELEMENTS OF RISK-ORIENTED APPROACH IN INDUSTRIAL SAFETY AND LABOR PROTECTION MANAGEMENT SYSTEMS OF ENTERPRISES

Булыгин Юрий Игоревич

доктор технических наук,
профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности
и защита окружающей среды»,
Донской государственный технический университет

Ткачева Виктория Андреевна

магистрант кафедры «Безопасность жизнедеятельности
и защита окружающей среды»,
Донской государственный технический университет

Луткова Екатерина Михайловна

магистрант кафедры «Безопасность жизнедеятельности
и защита окружающей среды»,
Донской государственный технический университет

ЭЛЕМЕНТЫ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ И ОХРАНОЙ ТРУДА ПРЕДПРИЯТИЙ

Summary. The methodology of approaches to the assessment and calculation of risk levels of accidents at a hazardous production facility and in violation of articles of sanitary legislation in the field of labor protection has much in common. This is explained by a unified conceptual risk-oriented approach to risk management in both the industrial safety management system and the occupational safety management system. Calculation of individual and collective risks for oil refining production is given and conclusions on risk management are made. The method of risk assessment at the repair enterprise on the basis of determination of the hazard index by expert methods is described.

Аннотация В методологии подходов к оценке и расчету уровней рисков аварий на опасном производственном объекте и при нарушении статей санитарного законодательства в области охраны труда много общего. Объясняется это единым концептуальным риск-ориентированным подходом при управлении рисками как в системах управления промышленной безопасностью ОПО, так и СУОТ. Приведен расчет индивидуальных и коллективных рисков для нефтеперерабатывающего производства и сделаны выводы по управлению рисками. Описан метод оценки риска на ремонтном предприятии на основе определения индекса опасности экспертными методами.

Key words: industrial safety, oil refining, engineering, risk analysis, accident, labour protection, risk-based approach.

Ключевые слова: промышленная безопасность, переработка нефти, машиностроение, анализ риска, авария, охрана труда, риск-ориентированный подход.

Введение. Обеспечение безопасности технологического процесса и улучшение условий труда на объектах нефтепереработки и машиностроения являются одними из важнейших задач. Проведенные технические расследования причин аварий на данных объектах позволили установить их экономический ущерб от 15 до 100 млн. руб. Также высок ущерб от травматизма и

профессиональных заболеваний на рабочем месте в машиностроении.

Актуальность исследования обоснована необходимостью модернизации системы управления промышленной безопасностью и охраны труда для нефтеперерабатывающих предприятий (относятся к ОПО) и ремонтных предприятий машиностроительной отрасли (эксплуатируются технические устройства с

признаками ОПО), которая должна включать в себя отказ от компенсационной модели, и постепенный переход к предупреждающим действиям и мерам, а также оценку рисков аварийных ситуаций. Для этого данная система должна представлять собой не отдельные несбалансированные на каждом этапе мероприятия, а единое целое, т. е. технологии должны быть безопасными, цели и задачи понятны руководству и исполнителю на рабочем месте.

Риск-ориентированный подход. Важнейшей функцией как системы управления промышленной безопасностью ОПО, так и СУОТ является внутренний контроль (аудит), основанный на риск-ориентированном подходе.

Работоспособность и надежность различного оборудования, эксплуатируемого в промышленности, необходимо обеспечивать управлением его техническим состоянием, а значит, обязательным условием реализации данной цели является усовершенствование и развитие системы ремонта и технического обслуживания оборудования. Поэтому качественная работа ремонтных объектов производственного комплекса играет важную роль для поддержки общей работоспособности машиностроительной и нефтеперерабатывающей отрасли. Для такого рода предприятий характерным является специализация участков и цехов, определяющая для каждого из них строго регламентируемую группу выполняемых операций.

Такая организация деятельности предприятий позволяет достичь высокого уровня качества выпускаемых продуктов и изделий, непрерывную работу оборудования, кроме того, концентрация усилий персонала на выделенном производственном участке позволяет повысить

уровень их квалификации. Уменьшение количества производимых на каждом рабочем месте операций позволяет достичь более высокой специализации и применять при больших производственных объемах высокопроизводительное и технологичное оборудование, снизить трудоемкость и повысить качество выпускаемой продукции.

В рассматриваемых отраслях производств основные цеха предприятия принято разделять в зависимости от специфики производственных процессов.

Техническая документация, применение специального технологического оборудования и комплектующих элементов, работа службы технического контроля и работа с кадрами, а так же работа вспомогательных служб объединяет в себе технологический процесс.

Риск-ориентированным подходом к управлению промышленной безопасностью (ПБ) называют систему, основанную на принятии решений, ориентированных на учет степени риска. Риск измеряет возможность воздействия опасности на человека и значимость последствий такого воздействия. Именно это имеется ввиду, когда говорят, что риск – это сочетание двух характеристик.

Суть риск-ориентированного подхода заключается в снижении рисков: контроль над объектами (цехами) повышенной опасности, а в более безопасных зонах – снижается либо отсутствует. Это позволяет вовремя принимать необходимые меры там, где это необходимо и в значительной мере экономить ресурсы.

Для осуществления анализа опасностей и оценки риска аварий на промышленном предприятии используют план анализа опасности объекта (рис.1).

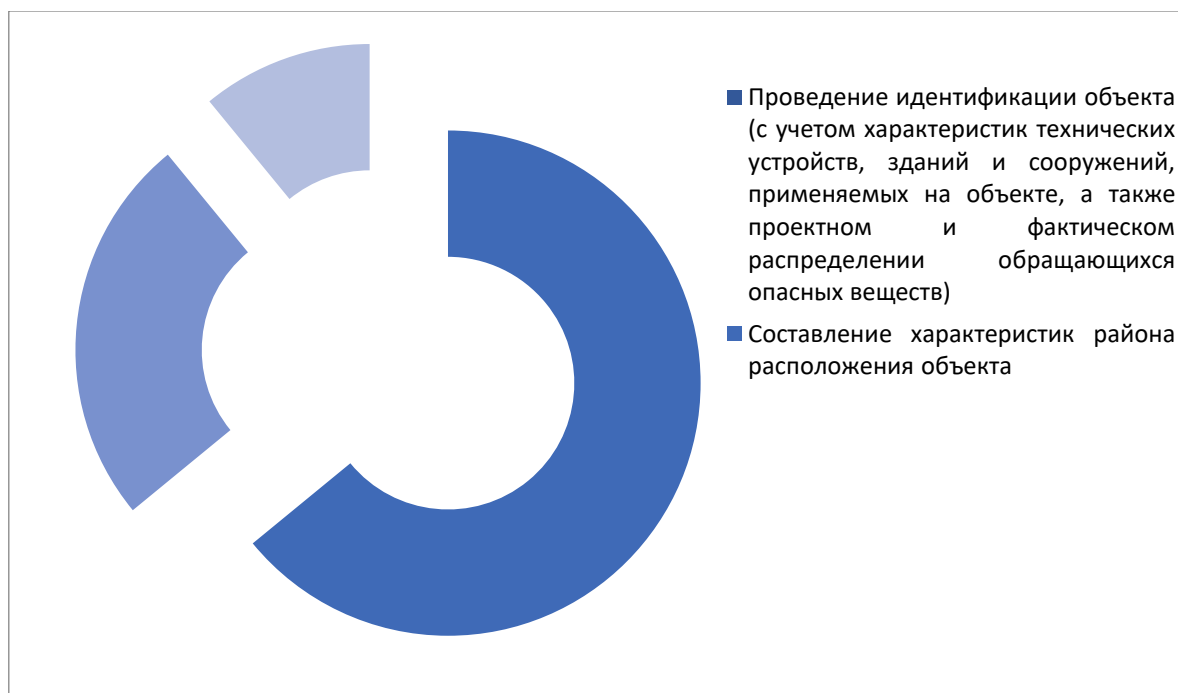


Рисунок 1 - План анализа опасности объекта

Расчет значений индивидуального и социального рисков для территории производственных объектов и прилегающей к объекту территории проводится по методикам, изложенным в «Руководстве по безопасности "Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах", утвержденном приказом Ростехнадзора от 11.04.2016 N 144 и "Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утвержденной приказом МЧС России от 10.07.2009 № 404.

Для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи производственного объекта, индивидуальный риск принимается равным величинам потенциального риска в этой зоне.

Индивидуальный риск для работников объекта оценивается частотой поражения определенного работника производственного объекта опасными факторами в течение года.

Величина индивидуального риска R_m (год⁻¹) для работника m производственного объекта при его нахождении на территории объекта определяется с помощью соотношения:

$$R_m = \sum_{i=1}^I q_{im} P(i), \quad (1)$$

где $P(i)$ - величина потенциального риска в i -ой области территории объекта, год⁻¹; q_{im} - вероятность присутствия работника m в i -ой области территории объекта.

Коллективный риск при аварийной ситуации определяем по формуле:

$$R_k = k \cdot R_m \cdot N, \quad (2)$$

где: R_k - коллективный риск; k - коэффициент, учитывающий соотношение числа пострадавших людей от аварии (с учетом их технической и индивидуальной защищенности) к общему числу N людей, находящихся в зоне аварийной ситуации; R_m - индивидуальный риск; N - число людей, находящихся в зоне аварии.

Для производственных объектов социальный риск принимается равным частоте возникновения событий, при реализации которых может пострадать в результате воздействия опасных факторов не менее 10 человек.

Для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи производственного объекта, социальный риск S (год⁻¹) определяется по формуле:

$$S = \sum_{j=1}^L Q_j, \quad (3)$$

где L - число сценариев развития аварийных ситуаций, для которых выполняется условие $N_i \geq 10$; N_i - среднее число погибших людей в селитебной зоне вблизи производственного объекта в результате реализации j -го сценария в результате воздействия опасных факторов.

Величина N_i определяется по формуле:

$$N_i = \sum_{j=1}^I Q_{dij} n_i, \quad (4)$$

где I - количество областей, на которые разделена территория, прилегающая к производственному объекту (i - номер области); Q_{dij} - условная вероятность поражения человека, находящегося в i -ой области, опасными факторами при реализации j -го сценария; n_i - среднее число людей, находящихся в i -ой области.

Оценка риска аварий на опасном производственном объекте.

Произведем расчет рисков для нефтеперерабатывающего производства с общей численностью работников 149 человека, в т.ч. в наибольшую работающую смену - 20 человек.

Вероятность присутствия работника m в i -ой области территории объекта определяем как $q_{im} = P$, где P - частота посещения объекта.

Для резервуарных парков $P=0,04$, для эстакад $P=0,02$, для насосных $P=0,02$, для технологических трубопроводов $P=0,04$.

Количество пострадавших при аварии не превышает 10 человек, т.е. социальный риск равен нулю, т.к. параметр L в формуле (4) равен нулю.

Индивидуальный риск составляет:

$$\begin{aligned} R_m &= 0,04 \cdot (4,295 \cdot 10^{-5}) + 0,04 \cdot (0,6305 \cdot 10^{-5}) \\ &\quad + 0,04 \cdot (0,14742 \cdot 10^{-5}) + 0,02 \\ &\quad \cdot (1668,0 \cdot 10^{-5}) + 0,02 \\ &\quad \cdot (1045,0 \cdot 10^{-5}) + 0,02 \\ &\quad \cdot (973,0 \cdot 10^{-5}) + 0,04 \\ &\quad \cdot (0,101 \cdot 10^{-5}) + 0,04 \\ &\quad \cdot (0,9462 \cdot 10^{-5}) + 0,04 \\ &\quad \cdot (0,8128 \cdot 10^{-5}) + 0,04 \\ &\quad \cdot (0,8128 \cdot 10^{-5}) + 0,04 \\ &\quad \cdot (0,21222 \cdot 10^{-5}) \\ &= 74,0 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1} \\ &= 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1} \end{aligned}$$

Коллективный риск:

$$\begin{aligned} R_k &= k \cdot R_m \cdot N = 9/20 \cdot 7,4 \cdot 10^{-4} \cdot 20 \\ &= 6,7 \cdot 10^{-3}, \text{ чел/год} \end{aligned}$$

Матрица для определения опасности территорий (зон) по критерию «частота реализации – социальный ущерб»

Частота реализации опасности случаев/год	Социальный ущерб				
	Погибло более одного человека, имеются пострадавшие	Погиб один человек, имеются пострадавшие	Погибших нет, имеются серьезные пострадавшие	Серьезно пострадавших нет, имеются потери трудоспособности	Лиц с потерей трудоспособности нет
> 1	Зона неприемлемого риска				Зона
1...10 ⁻¹	необходимы неотложные меры			жесткого контроля	
10 ⁻¹ ...10 ⁻²	по уменьшению риска		необходима оценка		
10 ⁻² ...10 ⁻³		целесообразности мер по			
10 ⁻³ ...10 ⁻⁴	уменьшению риска				
10 ⁻⁴ ...10 ⁻⁵		Зона приемлемого риска, нет необходимости			
10 ⁻⁵ ...10 ⁻⁶		в мероприятиях по уменьшению риска			

По результатам расчета рисков можно заключить, что на нефтеперерабатывающем предприятии необходима разработка мер по уменьшению риска.

Рассмотрим теперь возможности управления рисками в СУОТ машиностроительных предприятий. Ниже приведем пример расчета уровней риска при нарушении статей санитарного законодательства на ремонтном предприятии, предложенный [1].

Возможный потенциальный риск нанесения вреда здоровью работников ремонтного предприятия, находящихся под действием ОВФ, проявляющихся в нарушении законодательства (R) рассчитывается по формуле (5) [2,3,4]:

$$R = \sum_k (p_k \cdot u_k \cdot M), \quad (5)$$

где p_k – вероятность не исполнения k -ой статьи санитарного законодательства ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и ФЗ «О защите прав потребителей» и иного законодательства в области защиты прав потребителей; u_k – показатель, характеризующий вред здоровью при нарушении k -ой статьи законодательства; M – показатель, характеризующий численность персонала, находящегося под воздействием определенных факторов (масштаб воздействия).

Вероятность возможного нарушения санитарного законодательства для ремонтных предприятий (p_k) определяется по зависимости (6) [2,3,4]:

$$p_k = \frac{m_k}{n}, \quad (6)$$

где p_k – частота нарушения санитарного законодательства/законодательства в сфере защиты прав потребителей по k -ой статье для каждого вида деятельности; m_k – число выявленных нарушений санитарного законодательства в сфере защиты прав потребителей по k -ой статье по каждому виду деятельности; n – общее число проверок по виду

деятельности.

Коэффициент масштабности рассчитывается по формуле (7) [2,3,4]:

$$M = V \cdot K(V), \quad (7)$$

где M – показатель численности контингента, который находится под воздействием определенного типа деятельности; V – показатель, который количественно характеризует объект надзора и определяет численность населения, находящегося под его воздействием; $K(V)$ – коэффициент, позволяющий привести показатель V к безразмерному виду. [2,4]

Исходные данные для расчета примем на основании акта проверки предприятия Роспотребнадзором в 2016 году. Периодичность таких проверок – один раз в три года. В ходе проверки были выявлены тринадцать нарушений обязательных требований и требований, установленных муниципальными правовыми актами.

Вероятность нарушения санитарного законодательства по k -ой статье ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» предполагает расчет данного показателя при соотношении нарушения правовых актов со статьями ФЗ №52 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999г. Из перечня статей выберем те, которые относятся непосредственно к охране труда. Это статьи 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.

Расчет вероятности нарушения санитарного законодательства выполним для каждого нарушения (формула (6)). Число выявленных нарушений выбираем из акта проверки, а общее число проверок равно количеству рабочих мест на ремонтном предприятии.

Для тринадцати выявленных нарушений расчет вероятности нарушения сведем в табл. 2. Коэффициент масштаба рассчитывается для учета общего числа работников, здоровью которых может быть причинен ущерб из-за нарушения требований законодательства в отношении защиты прав потребителей и санитарных требований.

Результаты расчета вероятности нарушения санитарного законодательства судоремонтного предприятия

k -ая статья ФЗ №52	Число нарушений k -ой статьи ФЗ №52 на рабочих местах, m_k	Вероятность нарушения санитарного законодательства, p_k	Число работников предприятия, n
1	6	0,004	1499
2	1	0,0007	1499
3	2	0,001	1499
4	1	0,0007	1499
5	3	0,002	1499
6	14	0,009	1499
7	9	0,006	1499
8	3	0,002	1499
9	5	0,003	1499
10	5	0,003	1499
11	1	0,0007	1499
12	4	0,0026	1499
13	1	0,0007	1499

$K(V)$ в нашем случае будет равен $8,6 \cdot 10^{-6}$ [46]
Коэффициент масштабности для рассматриваемого судоремонтного предприятия равен (формула (7)):

$$M = 1808 \cdot 8,6 \cdot 10^{-6} = 0,016$$

Показатель, характеризующий вред здоровью при нарушении k -ой статьи законодательства u_k выбирается в зависимости от вида деятельности предприятия и статьи законодательства, которая была нарушена. [46]

Далее рассчитаем категорию риска для рассматриваемого предприятия по зависимости (5):

$$R = 0.004 * 0.001794 * 0.16 + 0.0007 * 0.0381 * 0.16 + 0.001 * 0.000138 * 0.16 + 0.0007 * 3.02E - 08 * 0.16 + 0.002 * 3.02E - 08 * 0.16 + 0.009 * 0 * 0.16 + 0.006 * 0 * 0.16 + 0.002 * 0 * 0.16 + 0.003 * 0 * 0.16 + 0.003 * 0 * 0.16 + 0.0007 * 3.02E - 08 * 0.16 + 0.003 * 0.025091 * 0.16 + 0.0007 * 0 * 0.16 = 1.74811 * 10^{-5}$$

Класс опасности для данного объекта определяется как третий, периодичность проверок должна быть не чаще, чем один раз в три года [46]. Необходимо проводить корректирующие мероприятия, для снижения класса опасности до четвертого, чтобы снизить периодичность проверок до одного раза в пять лет, либо получить полное освобождение от проверок.

Заключение

1. В методологии подходов к оценке и расчету уровней рисков аварий на опасном производственном объекте и при нарушении статей санитарного законодательства в области охраны труда много общего. Объясняется это единым концептуальным риск-ориентированным подходом при управлении рисками как в системах управления промышленной безопасностью ОПО, так и СУОТ.

2. Приведен расчет индивидуальных и коллективных рисков для нефтеперерабатывающего производства и сделаны выводы по управлению рисками.

3. Описан метод оценки риска на ремонтном предприятии на основе определения индекса опасности экспертными методами, с определением вероятности наступления каждого

неблагоприятного инцидента, идентифицируемого на стадии выявления опасности с последующим анализом риска с учетом опасных и вредных факторов на конкретном рабочем месте для ремонтных предприятий машиностроительной отрасли.

Список литературных источников

1. Короткий А. А., Панфилов А. В., Курилкин Д. А. Риск-ориентированный подход к организации надзорной деятельности в области промышленной безопасности. / А. А. Короткий, А. А. Кинжибалов, А. В. Панфилов, Д. А.Курилкин. // Безопасность труда в промышленности – 2016. - №2.

2. Методические рекомендации «Риск-ориентированный подход к осуществлению контрольно-надзорной деятельности территориальными органами Роспотребнадзора» / размещено на сайте Роспотребнадзора.

Режим доступа:

http://rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=2854

3. Алешин А.В. Ростехнадзор идет по пути снижения административного давления на предприятия / А. В. Алешин // Промышленная и

Mykhailiuk V.V.

Associate Professor, PhD (in engineering)

Department of Oil and Gas Field Machinery and Equipment
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas**Artym V.I.**

DSc, Professor

Department of Construction and Civil Engineering
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas**Faflei O.Y.**

assistant

Department of Construction and Civil Engineering
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas**Deineha R.O.**

Assistant

Department of Oil and Gas Field Machinery and Equipment
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas**Yurych A.R.**

Associate Professor, PhD (in engineering)

Department of Oil and Gas Well Drilling Engineering
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

IMPROVEMENT OF THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF DOUBLE SHOULDER TOOL JOINT OF DRILL COLLARS

Summary. The need to design new and improve existing drilling equipment is one of the important conditions for ensuring the efficiency of well construction. During drilling operations, the elements of the drill string, including their tool joints, are exposed to the highest load. Double-shoulder tool joints that have several advantages over standard (single-shoulder) ones, are becoming widespread in the world.

However, such joints require a secure contact and a specified load along three surfaces (the threaded surface, main and auxiliary end faces) simultaneously, which must be secured by a tight tolerance of the distance between the main and auxiliary end faces and the ends of the pin and the tool joint box. Failure to follow stringent requirements can lead to accelerated fatigue failure of the thread and, consequently, to drill string failures. Therefore, it is necessary to design a tool joint that will work effectively throughout the entire period of operation.

The analyzed existing options for solving the problem solve it to some extent, but have several disadvantages. To eliminate them, it is proposed to use elastic elements (ring springs) in the construction of double-shoulder tool joints.

The use of such elements makes it possible to create the necessary axial loads on the internal, and as a consequence, on the outer support joints and maintain their ratio throughout the operating lifetime without affecting the stress distribution in the danger areas of the connection, which was confirmed by simulation modeling.

In addition, the use of elastic elements reduces the impact of fabrication precision of the tool joint on its stress-strain state.

Keywords: drill string, double-shoulder tool joint, elastic elements, drill collars, tension, simulation modeling.

Introduction

The construction of directional and horizontal wells at oil and gas fields has led to the need to create and use qualitatively new sophisticated drilling equipment. First of all, it concerns the elements of the drill string assembly, which in the most difficult operating conditions must withstand high torsional, bending and tensile loads. Existing pipes made in accordance with API specifications cannot withstand such loads.

These loads on the drill string are multiplied several times under increased pressures and

temperatures, thus requiring additional equipment strength and maximum reliability of the tool joints of drill pipes and drill collars.

Moreover, in view of the high cost of drilling, operating companies and drilling contractors place utmost importance on reducing operational and other risks in well construction and maximizing production costs. The latter is impossible without the use of highly reliable equipment along with optimization of well construction programs.

Well construction efficiency is mainly related to increased drilling rate and reduced non-productive