

УДК [005.52:005.334]:519.2/.6]:[658.512:622.276.04]
DOI: 10.37890/jwt.vi71.251

Методика оценки рисков на стадии концептуального проектирования объектов морской техники при обустройстве морских месторождений

О.А. Иванова^{1,2}

ORCID: 0000-0002-3034-0968

А.В. Родькина²

ORCID: 0000-0002-4593-4259

¹*АО «ЦКБ «Коралл», г. Севастополь, Россия*

²*Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия*

Аннотация. В статье выполнена качественная оценка риска с учетом разработанной шкалы «Вероятность/частота» и с использованием «Классификатора последствий» для нескольких вариантов обустройства месторождения. «Классификатор категорий последствий» учитывает экологические, финансовые критерии риска и критерии риска, связанные с жизнью, здоровьем и сроками, влияющими на реализацию строительства и эксплуатацию. Анализ рисков выполнен с учетом существующей нормативной документации и на основе анализа причин возникновения факторов, определяющих исходы аварий, учитывая все особенности рассматриваемых случаев для этапов жизненного цикла: Проведение опытно-конструкторских работ, Производство и испытания, Использование (эксплуатация). На основании вычисления рангового коэффициента Кендалла выполнена оценка степени согласия при выполнении работы группы экспертов. По результатам выполненных расчетов в категориях риска были определены, одновременно для всех рассматриваемых объектов обустройства месторождения, подкатегории. На основании разработанной шкалы «Вероятность/частота» и разработанного «Классификатора категорий последствий» составлен реестр риска. В реестр риска вошли 72 риска и в результате расчетов определен «Индекс риска». В итоге, по результатам качественной оценки рисков разработана «Матрица рисков» на основании методики, представленной в Правилах Регистра. При этом использовалась модель Alagr или принцип разумной достаточности. Данная оценка рисков позволяет определить: степень важности риска, расставить приоритеты для разных категорий рисков, выбрать оптимальный вариант, имеющий наименьший «Индекс риска».

Ключевые слова: анализ, критерии, оценка риска, буровая платформа, сооружения, вероятность, уровни иерархии, матрица.

Methodology for risk assessment at the conceptual design stage of offshore structures during the offshore fields development

Olga A. Ivanova^{1,2}

ORCID: 0000-0002-3034-0968

Anna V. Rodkina²

ORCID: 0000-0002-4593-4259

¹*«Corall» JSC, Sevastopol, Russia*

²*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

Abstract. The qualitative risk assessment taking into account the developed scale "Probability / frequency" and using "The Classifier of consequences" for several options for the offshore fields development has been carried out in the article. "The Consequence Category Classifier" takes into account environmental, financial, life, health and time risk criteria affecting construction and operation. The risk analysis was carried out taking into account the existing regulatory documentation and based on the analysis of the causes of the occurrence of factors that determine the outcomes of accidents, taking into account all the features of the cases under consideration for the life cycle stages: Design work, Production and testing, Use (operation). The degree of agreement in the performance of the experts group work was made based on the calculation of the Kendall rank coefficient. Subcategories were determined simultaneously for all the considered field development facilities according to the results of the performed calculations in risk categories. The Risk register was compiled based on the developed scale "Probability/Frequency" and the developed "Classifier of Consequence Categories". The risk register included 72 risks. The "Risk Index" was determined as a result of calculations. Finally, based on the qualitative risk assessment results, a "Risk Matrix" was developed based on the methodology presented in the Register Rules. The Alarp model or the principle of reasonable sufficiency was used. This risk assessment allows to determine: the degree of the risk importance, prioritize different categories of risks, choose the best option with the lowest "Risk Index".

Keywords: analysis, criteria, risk assessment, drilling platform, offshore structures, probability, hierarchy levels, matrix.

Введение

Рассмотрение основных тенденций развития технологии освоения глубоководных и мелководных месторождений нефти и газа связано непосредственно с государственной программой Российской Федерации «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013-2030 годы» [1].

Решаемая научная проблема заключается в создании комплекса проектных решений по техническим средствам, предназначенным для освоения как мелководных, так и глубоководных участков шельфа на стадии концептуального проекта. Большинство трудностей и неопределенностей, возникающих на концептуальной стадии проектирования при разработке морского месторождения, обусловлено низкой степенью изученности геологических и природно-климатических условий [2]. Кроме того, все решения по обустройству месторождения не должны противоречить рекомендациям, изложенным в Градостроительном кодексе, так как объекты по обустройству морского месторождения будут связаны с береговой инфраструктурой. Согласно Градостроительному кодексу данный этап является этапом предпроектной проработки. Целями данного этапа является обоснование размещения новых зданий, сооружений или реконструкции объектов береговой инфраструктуры. Предпроектный анализ включает сбор и систематизацию необходимой градостроительной и связанной с ней социальной, демографической, экономической, экологической и другой информацией; визуальный осмотр местности; выполнение необходимых обмеров, зарисовок местности или фотофиксация, что является важной частью при проектировании. Все проектные решения, принятые в работе направлены на обеспечение круглогодичной эксплуатации нефтегазовых месторождений в тяжелых природно-климатических условиях и выявление тенденций инновационных подходов в проектировании оффшорных сооружений.

Работы по обустройству участков нефтегазовых месторождений характеризуются высокой степенью экологических, финансовых и экономических рисков, связанных с расположением основных морских путей и заповедников, и курортов в непосредственной близости от объектов проектирования. Будущие результаты при

реализации таких проектов зависят от множества факторов, которые приводят к возникновению риска того, что аварии при эксплуатации объекта могут нанести значительный ущерб не только РФ, но и другим прибрежным государствам. Объектам обустройства, разрабатываемым нефтегазовым морским месторождениям по добычи недр, присваивается второй класс опасности [9].

Организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты второго класса опасности, обязаны создать системы управления промышленной безопасностью и обеспечивать их функционирование, планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте.

Уровень ответственности объектов обустройства разрабатываемых нефтегазовых участков по добыче недр определяется в соответствии с объемом экономических, социальных и экологических последствий их разрушения и с учетом отнесения нефтегазодобывающих платформ к опасным производственным объектам в соответствии с Федеральным законом от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», как повышенный [9].

Снижение рисков и обеспечение промышленной безопасности проектируемых объектов обеспечивается за счет выполнения требований международных Конвенций и Правил, с учетом национальных и региональных законов, регламентов и нормативных документов Российской Федерации, а также требований Правил Регистра и Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности.

На оценку эффективности инвестиционных проектов при разработке морских месторождений значительное влияние оказывает анализ рисков проекта [3]. В связи с этим целью статьи является разработка методики оценки рисков на стадии концептуального проектирования объектов морской техники при обустройстве морских месторождений.

Разработка критериев риска. Сравнительная оценка риска

Критерии риска должны отражать цели и область применения и должны быть приняты на стадии концептуального проектирования в соответствии с интересами причастных сторон и соответствующими законодательными и/или обязательными требованиями. Критерии риска могут быть эксплуатационными, техническими, финансовыми, юридическими, законодательными, социальными, экологическими, гуманитарными. Общее описание критериев принятия решений должно быть разработано при установлении области применения менеджмента риска. После идентификации конкретного вида риска и выбора метода анализа риска уточняются и/или перерабатываются критерии риска в соответствии с типом риска и способом его представления. На основании принятых критериев риска составляется реестр риска [4].

Риски порождаются неопределенностью будущих результатов и в общем виде определяются четырьмя основными факторами: отсутствием информации; принятием или отменой действий конкурентов и других контрагентов; случайной реализованностью факторов, известных на момент принятия решений; появлением новых факторов неизвестных на момент принятия решения [5].

Результаты предварительного анализа риска использованы для выбора предпочтительного варианта освоения участка по добычи недр и не оценивают приемлемость уровня риска для конкретного персонала, конкретных объектов проекта, конкретного социума и составляющих окружающей среды.

При анализе и оценке риска рассмотрены опасности/риски этапов жизненного цикла: Проведение опытно-конструкторских работ (ОКР), Производство и испытание

(включает закупки, морские операции, пуско-наладку, сдачу и запуск в эксплуатацию), Использование (эксплуатация) – включает капитальные ремонты, техническое перевооружение). Этапы «Обоснование разработки», «Разработка технического задания», «Модернизация» и «Утилизация» в настоящей работе не рассматривались.

В качестве объекта исследования было принято месторождение, находящееся на шельфе Черного моря в пределах исключительной экономической зоны РФ и континентального шельфа РФ. Глубина моря в пределах рассматриваемого месторождения до 100 м.

Для концептуального проекта концепция обустройства должна быть выполнена с учетом

- природно-климатических и инженерно-геологических условий участка;
- наличия в пределах и вблизи участка зон ограничения мореплавания, а также участков с запретом на выполнение работ, связанных с касанием дна по информации из открытых источников.

Для этого в работе была выполнена предварительная оценка вариантов обустройства месторождения и выполнена оценка рисков [5, 18, 19].

В рамках работы были определены несколько возможных вариантов технических решений объектов бурения с учетом береговой инфраструктуры.

Каждый из вариантов обустройства имеет свои специфические особенности, влияющие на риски и безопасность эксплуатации объектов, а также положительные и отрицательные стороны. Этап сравнительной оценки риска состоит в оценке приемлемости риска на основе критериев риска, ранжировании опасных событий и составлении перечня опасных событий, для которых необходимо проведение обработки риска. Сравнительная оценка риска выполнена в соответствии с [6].

Анализ возможности аварийных ситуаций представляет собой ряд мер, направленных на сведение к минимуму вероятности и последствий аварий на месторождении. Анализ проведен по всему спектру рисков, с учетом специфических особенностей для каждого рассмотренного варианта. Последствиями аварий на морских нефтегазодобывающих объектах, значительно влияющих на затраты, могут являться: загрязнение моря нефтью/нефтепродуктами; остановка работ по бурению или добыче; повреждение оборудования на объекте; повреждение самого объекта; гибель персонала [21, 25-28].

Затраты на ликвидацию загрязнения моря нефтью включают не только затраты на непосредственно сбор нефти, но и оплату экологического ущерба [32].

На основании выполненного анализа и доступных в открытой печати сведений об авариях, происшедших на морских буровых сооружениях различного типа [33], с учетом основных специфических опасных факторов и рисков, которые присутствуют при реализации различных вариантов обустройства месторождений, была дана экспертная оценка влияния факторов и рисков на эффективную реализацию проекта, позволяющая сопоставить результаты и выбрать предпочтительный с точки зрения риска вариант в зависимости от уровня риска. Для целей настоящего анализа применена классификация категорий рисков, типичная для проектов оффшорного бурения, приведенная в таблице 1.

Таблица 1

Классификация категорий рисков

№	Категория риска	№	Подкатегории риска
1	Риски внешней природной среды	1.1.	Климатические и погодные
		1.2.	Геологические
2	Рыночные риски	2.1.	Контрактные
		2.2.	Санкционные
3	Эксплуатационные риски	3.1.	Транспортные и логистические
		3.2.	Риски материально-технического снабжения
		3.3.	Технологические
		3.4.	Риски техногенных аварий
		3.5.	Риски строительства
		3.6.	Человеческий фактор
		3.7.	Качество материалов и оборудования
		3.8.	Риски ликвидации
4	HSE риски	4.1.	Экологические
		4.2.	Риски безопасности и охраны труда
		4.3.	Социальные
5	Риски планирования	5.1.	Инженерные и научные изыскания
		5.2.	Планирование и проектирование

Методы экспертных оценок

При оценке рискованных решений в процессе управления рисками большое значение имеет учет сущности и содержания в зависимости от сферы деятельности, специфики и особенностей принятия рискованных решений. Важную роль имеет как фундаментальный анализ соотношения понятий риска и неопределенности, так и специфика, и особенности теории и методов управления рисками, которые формируются в зависимости от рассматриваемого объекта.

Существуют как качественные, так и количественные методы оценки эффективности, требования и рекомендации к которым регламентируются нормативной документацией [7, 8]. Одним из часто применяемых методов оценки рисков является метод экспертных оценок. Подробная количественная оценка, в том числе с точки зрения выработки мероприятий смягчения и устранения последствий сценарных событий, проводится на последующем этапе реализации проекта – стадии разработки проектной документации в соответствии с [9, 18].

В работе выполнена качественная оценка риска с учетом разработанной шкалы «Вероятность/частота» и с использованием «Классификатора последствий». Анализ выполняется на основе анализа причин возникновения и факторов, определяющих исходы аварий, учитывая все особенности рассматриваемых случаев.

Качественный анализ был применен из-за отсутствия и дефицита данных об объектах и условиях на этапе концептуального проектирования. Качественный анализ носит описательный характер и определяет только состав без указания на количественное соотношение компонентов. Т.е. определяет степень важности риска, помогает расставить приоритеты для разных категорий рисков. Такой анализ позволяет подготовить информацию для количественного анализа риска.

В данной работе применялся метод «мозгового штурма». Для стимулирования свободного обсуждения все участники имели примерно одинаковый статус. В группу участников входили 8 экспертов, имеющие разный взгляд на ситуацию и проект в целом – руководители различных подразделений. Для создания свободной дискуссии из участников «мозгового штурма» были исключены руководители высшего уровня, чтобы не происходило сдерживание выдвигаемых идей подчиненных. Во время дискуссии была обеспечена запись всех суждений при полном отсутствии их обсуждения и критики. При этом высказывающий идею эксперт, по желанию, давал кратко ее пояснение [10].

Сгенерированные идеи были обработаны и проанализированы. Идентифицированные риски сгруппированы, а повторяющиеся по сути риски были удалены. Далее выполнено укрупнение идентифицированных рисков в группы. На данной стадии концептуального проекта результатом процесса «мозгового штурма» стал список рисков, из которого далее сформирован реестр риска.

Степень согласия группы экспертов оценивалась с помощью коэффициента конкордации W для подкатегорий рисков в каждой категории рисков, представленных в таблице 1.

Коэффициент конкордации W может быть определен по методике, прописанной в Правилах Регистра [11]:

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^{i=n} \left\{ \sum_{j=1}^{j=n} x_{ij} - \frac{1}{2} m \cdot (n+1) \right\}^2}{m^2 (n^3 - n)}, \quad (1)$$

где

m – число объектов экспертизы;

n – число экспертов;

x_{ij} – рассматриваемые свойства.

Коэффициент конкордации W изменяется от 0 до 1. Если $W = 0$ это означает, что не существует связи между ранжированием экспертов; $W = 1$ означает, что все эксперты одинаково ранжируют объекты по данному признаку.

Так как число ранжируемых факторов больше двух, то для измерения тесноты связи между ними использовался предложенный М. Кендаллом и Б. Смитом коэффициент конкордации (множественный коэффициент ранговой корреляции). В работе степень согласия работы экспертов определена на основании вычисления рангового коэффициента Кендалла – коэффициента конкордации, который представляет отношение отклонения суммы квадратов рангов от средней суммы квадратов рангов, умноженного на 12, к квадрату экспертов, умноженных на разницу между кубом числа объектов и числом объектов [12].

Фрагмент вычисления коэффициента конкордации приведен для категории эксплуатационных рисков, включающих в себя 8 подкатегорий для рассматриваемых объектов обустройства месторождения: морской стационарной платформы (МСП); блок-кондуктора (БК) и самоподъемной буровой установкой (СПБУ); плавучей системы нефтедобычи, хранения и отгрузки (FPSO) и подводного добычного комплекса (ПДК); СПБУ и ПДК.

Оцениваем среднеарифметическое число рангов подкатегорий риска:

$$\bar{r} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k r_i \quad (2)$$

где \bar{r} – среднее математическое ожидание;

k – число объектов;

r_i – ранг подкатегории риска.

Оцениваем сумму квадратов отклонений от среднего S :

$$S = \sum_{i=1}^k (r_i - \bar{r})^2 \quad (3)$$

где S – сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения.

Определяем коэффициент конкордации W :

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)} \quad (4)$$

где n – число экспертов;

m – число объектов экспертизы.

Формула (4) применяется для случая, когда ранги по каждому признаку не повторяются. Если же есть связанные ранги, то коэффициент конкордации рассчитывается с учетом числа таких повторяющихся рангов по каждому фактору.

Коэффициент W показывает зависимость между двумя переменными, и в большинстве случаев называется ранговым коэффициентом корреляции Кендалла.

Определяем коэффициент конкордации W :

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m) - n \sum_1^n (t^3 - t)} \quad (4)$$

где

n – число экспертов;

m – число объектов экспертизы;

t – число одинаковых рангов по каждому признаку

Для определения коэффициента конкордации необходимо определить для каждой подкатегории рисков, имеющей повторяющиеся ранги, $(t^3 - t)$ следующим образом:

- транспортные и логистические риски имеют 4 повторяющихся ранга (5; 5; 5; 5):

$$(t^3 - t) = (4^3 - 4) = 60 ;$$

- риски материально-технического снабжения имеют три повторяющихся ранга (0,2; 0,2; 0,2); два повторяющихся (0,5 и 0,5) и два повторяющихся ранга (1и1):

$$(t^3 - t) = (3^3 - 3) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 12 \text{ и т.д.}$$

Степень согласия группы экспертов оценивалась с помощью коэффициента конкордации W для подкатегорий рисков в каждой категории рисков, представленных в таблице 2. Расчетный коэффициент конкордации находится в пределах $W \geq 7$ для всех категорий риска. Расчетное значение сопоставляется с нормативным значением, приведенным в п.3.4, таблице 3.4.2 [11] и показывает степень «приемлемого согласия» и «хорошее согласие» работы экспертов.

Таблица 2

Определение коэффициента конкордации

Номер объекта экспертизы	Эксплуатационные риски (оценка эксперта)								Сумма
	Транспортные и логистические	Риски материально-технического снабжения	Технологические	Риски техногенных аварий	Риски строительства	Человеческий фактор	Качество материалов и оборудования	Риски ликвидации	
1	4,5	0,2	4	0,6	1	5	5	1	
2	5	0,5	5	0,5	0,5	5	4	0	
3	5	1	5	1	0,2	5	5	1	
4	4	0,4	4	0,2	0,2	5	4	1	
5	5	1	4	0,4	0,1	5	5	0	
6	5	0,5	4	0,3	1	5	5	1	
7	3	0,2	5	1	1	5	4	1	
8	3,5	0,2	5	1	0	5	4	0	
$\sum r_{is}$	35	4	36	5	4	40	36	5	165,00
\bar{r}									20,63
$\sum r_i - \bar{r}$	14,38	-16,63	15,38	-15,63	-16,63	19,38	15,38	-15,63	
$\sum (r_i - \bar{r})^2$	206,64	276,39	236,39	244,14	276,39	375,39	236,39	244,14	$S = 1859,48$
$\sum (t^3 - t)$	60	12	120	24	18	504	120	144	1002
W									0,92

Рейтинг выставляемый экспертами от 0 до 5 баллов. Фрагмент определения коэффициента конкордации приведен только для одного объекта обустройства месторождения для варианта блок-кондуктора и самоподъемной буровой установкой.

В результате проведенных исследований выполнена оценка согласованности работы группы экспертов при определении подкатегорий рисков для каждого рассматриваемого объекта. По результатам выполненных расчетов в категориях риска

были определены для всех рассматриваемых объектов обустройства месторождения (морской стационарной платформы (МСП); блок-кондуктора и самоподъемной буровой установкой (СПБУ); плавучей системы нефтедобычи, хранения и отгрузки (FPSO) и подводного добычного комплекса (ПДК); СПБУ и ПДК) подкатегории риска, которые будут внесены в реестр риска, остальные подкатегории были исключены из реестра риска.

Данный метод экспертных оценок на стадии концептуального проекта является объемным и трудоемким при рассмотрении более пяти категорий рисков и нескольких вариантов объектов обустройства морского месторождения. Для снижения трудоемкости данного метода необходимо расширить перечень исходных данных, например, выбрать тип буровой техники, применяемой для обустройства морского месторождения.

Идентификация опасностей

Идентификация опасных для включения в реестр риска событий должна включать в себя определение явлений и событий, воздействующих на объекты реестра риска, установленные в области применения реестра риска, требования регламентируются п.4.2 [13]. Авторами был определен перечень опасных событий неблагоприятно или даже критически влияющих на достижение цели при обустройстве месторождения.

Исследования по идентификации опасностей при реализации вариантов оснащения объектами обустройства месторождения проводятся с целью определения максимально возможного числа опасных факторов, что позволит выбрать вариант обустройства с учетом обеспечения безопасности и экономической эффективности.

Задача состоит в том, чтобы идентифицировать список опасностей и связанных сценариев, расположенных по приоритетам уровней риска, определенных для рассматриваемой проблемы. Поставленная задача достигается преимущественно на основании применения стандартных методов для идентификации опасностей, которые могут поспособствовать несчастным случаям [14, 22].

Основными параметрами риска являются:

- размер возможного ущерба, наступающего в результате наступления опасного события;
- показатель вероятности наступления опасного случая;
- показатель возможных расходов, связанных с ликвидацией последствий опасного события и восстановления прежнего положения;
- стоимость упущенной выгоды. В этом случае риск характеризуется субъективной оценкой вероятной, ожидаемой величины максимального дохода в случае использования альтернативного варианта;
- степень не благоприятности последствий от наступления опасного события.

Подход, используемый для идентификации опасности, включает комбинацию и творческих и аналитических методов, чтобы идентифицировать все соответствующие опасности. Примеры опасностей, относящихся к корабельным операциям, представлены в [14, 15].

Морской Комитет Безопасности разрабатывает и принимает руководящие принципы для Формальной Оценки Безопасности (ФОБ). ФОБ является структурированной и систематической методологией, нацеленной на усиление безопасности на море, включая защиту жизни, здоровья, морской среды и собственности, при использовании анализа риска и оценки затрат и преимуществ.

Характеристика опасностей и рисков должна быть и качественной, и количественной, и описательной, и математической, совместимой с доступными данными, и должна быть достаточно широкой, чтобы включать всесторонний диапазон вариантов оценки рисков.

На начальной стадии проектирования при минимальном количестве исходных данных для достижения ценных результатов может применяться экспертная оценка, физическое и аналитическое моделирование. Но в приоритете должны быть рассмотрены те данные, которые уже доступны (например, несчастный случай и статистические данные) [14, 16].

Способы представления последствий и вероятности событий в реестре риска выбираются с обязательным обеспечением выполнения целей анализа риска.

При проведении анализа риска учитываются неопределенность и изменчивость оценок последствий и вероятности события, эффективность обмена информацией о риске.

Перечень опасных, неблагоприятно влияющих на деятельность и достижение целей, событий разрабатывается и принимается на основании классификации опасностей из [13].

В работе была разработана шкала «Вероятность/частота» с учетом существующей типовой шкалы приведенной в Правилах Регистра [11] с учетом статистики аварий, происходящих на буровых платформах 2005–2015 гг. Критерии риска структурированы в понятиях «Вероятность / частота» (таблица 3) и «Категории последствий» (таблица 4).

Источники и причины возникновения опасных событий, а также возможные последствия были рассмотрены после идентификации возможных опасных событий. Качественная оценка риска дана по пятибалльной шкале [6], где очень высокая вероятность возникновения опасного события равна 5 баллам – очень часто (100 %), высокая 4 балла – часто (80 %), средняя 3 балла – возможно (60 %), низкая 2 балла – нечасто (менее 20 %) и очень низкая 1 балл – редко (менее 1 %).

Таблица 3

Шкала «Вероятность / частота»

№ категории	Категория вероятности	Описание (характеристика) категории
V1	Редко	Данное рисковое событие возможно, но происходит редко. Известны лишь единичные случаи, произошедшие на аналогичных проектах, за последние 5 лет.
V2	Нечасто	Данное событие происходит довольно редко. Известно о нескольких (до 10) случаях на аналогичных проектах за последние 3 года.
V3	Возможно	Данное рисковое событие не является исключительным для аналогичных проектов. Имеются несколько случаев его реализации в индустрии за последний год. Ожидается, что такое событие может произойти не более 1 раза за весь период реализации проекта.
V4	Часто	Ожидается, что данное рисковое событие может происходить 1–3 раза в год на всем горизонте реализации проекта. Имеются множественные примеры аналогичного рискового события за последний год.

№ категории	Категория вероятности	Описание (характеристика) категории
B5	Очень часто	Данное рисковое событие является очень распространённым в аналогичных проектах. Ожидается, что данное рисковое событие может происходить чаще 3 раз в год за весь период проекта.

Оценка последствий опасного события была описана по пятибалльной шкале [6].

Для анализа последствий применяется классификатор категорий последствий, учитывающий четыре основных фактора: жизнь и здоровье людей; экологический ущерб; финансово-экономический ущерб; задержка реализации проекта.

Таблица 4

Классификатор категорий последствий

№ категории	Категория последствий	Описание (характеристика) категории			
		Жизнь и здоровье	Экология	Финансы	Сроки
П1	Заметные	1-2 умеренных случая в год	Узко локализованный ущерб, требуется менее 1 недель на устранение	Ущерб \$100 тыс. -\$1 млн	Задержка от 1 до 3 дней
П2	Существенные	2-10 умеренных случаев за весь проект, или 1 серьезный случай ущерба здоровью	Широко локализованный ущерб, менее 1 мес. на устранение, до 1-2 лет на природное восстановление	Ущерб \$1-5 млн	Задержка от 3 до 7 дней
П3	Умеренные	> 10 умеренных случаев, или > 1 серьезного случая	Большой ущерб экосистемам, требующий 1-3 мес. на устранение, 2-5 лет на природное восстановление	Ущерб \$5-15 млн	Задержка от 7 до 20 дней
П4	Критические	> 10 серьезных случаев или > 1 смертельного случая	Критический локальный или существенный широко локализованный ущерб; до 1 года на устранение, 5-10 лет на природное восстановление	Ущерб \$15-50 млн	Задержка от 20 до 60 дней
П5	Катастрофические	> 30 серьезных случаев или >5 смертельных случаев	Перманентный ущерб экосистеме, более 1 года на устранение, более 10 лет на природное восстановление	Ущерб >\$50 млн	Задержка более 60 дней

Необходимо отметить, что при умеренной категории последствий объектами воздействия опасного события люди не являются. Эти последствия влияют на экономику и инфраструктуру. К заметным последствиям относятся малозначительные последствия, влияющие на социальную среду. Во всех остальных категориях последствий объектами воздействия опасного события являются люди, наряду с экономикой, окружающей средой, социальной средой и инфраструктурой.

При оценке рисков, каждый риск относится к наибольшей из категорий последствий, определенных по вышеперечисленным факторам, представленным в таблице 5.

Последствия идентифицированных опасных событий следует оценивать с точки зрения установленных целей проекта или деятельности организации; при этом необходимо учитывать, что одно опасное событие может иметь несколько последствий. Существует много видов и областей воздействия опасных событий, требующих анализа риска [6, 9].

Реестр рисков

Реестр рисков используется для отслеживания информации об отдельных рисках и управлении ими, а также для документирования. Также реестр рисков применяется для передачи информации о рисках причастным сторонам и выделения особо важных рисков.

Реестр рисков может содержать информацию о данных методах и способах их реализации или ссылаться на другие документы [17, 27].

Разработка реестра требует привлечения квалифицированного персонала. Реестр риска анализируется и пересматривается с периодичностью, установленной высшим руководством организации. Анализ и пересмотр реестра риска должны включать в себя обсуждение проблем, связанных с новыми видами идентифицированного риска и исключением из реестра риска устаревшей информации [6, 25].

В реестре рисков информация представляется в едином формате о рисках как для информирования лиц, подвергающихся риску, так и для тех кто несет ответственность за управление ими. Формируется в бумажном виде или в виде базы данных [17, 29].

Сильные стороны реестров рисков и ограничения, общие требования к определению области применения реестра риска установлены в [13, 17, 22, 24].

При разработке реестра риска информация о различных рисках представляется в сопоставимом формате для определения приоритетности рисков. Категории и подкатегории риска определены в зависимости от их повторяемости (частоты). Сформирован объединенный реестр рисков для каждого варианта обустройства месторождения, включая выявление и качественную оценку.

Таблица 5

Реестр рисков рисков (фрагмент)

№ категории риска	Подкатегория риска	Наименование риска	Оценка риска / вероятность (В) / последствия (П) вариантов обустройства							
			МСП		БК и СПБУ		FPSO и ПДК		СПБУ и ПДК	
			Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4	
			В	П	В	П	В	П	В	П
1 Риски внешней природы										
P1	1.1	Экстремальные погодные условия: - срыв плановых сроков строительства и ввода в эксплуатацию; - проблемы обеспечения при неблагоприятных погодных условиях	2	3	3	3	3	2	3	3
P2	1.1	Риск обледенения	3	4	2	4	-	-	-	-
P3	1.1	Качка в период бурения при волнении	-	-	-	-	2	4	-	-
P4	1.1	Наличие сероводорода на больших глубинах увеличивающего коррозию металлических конструкций	2	3	2	3	2	3	2	3
P5	1.1	Наличие придонного течения, способствующего размыву	3	2	2	2	2	3	2	3
P6	1.2	Сейсмичность и опасные геологические процессы	3	4	2	4	2	4	2	4
P7	1.2	Риск выброса прорывного газа (метана) с последующим его воспламенением	2	4	2	4	2	4	2	4
P8	1.2	Наличие прогнозируемых пластов с аномально высокими давлением	2	3	2	4	2	3	2	4
P9	1.2	Риск нанесения существенного вреда природоохранным и рекреационным зонам, расположенным на побережье	3	4	2	4	2	4	2	4
...
P72		В РЕЕСТР РИСКА ВОШЛИ 72 ВЫЯВЛЕННЫХ РИСКА								
ИТОГ	О	ИНДЕКС РИСКА	377		325		429		345	

На основании выявленных рисков была выполнена качественная оценка риска и вычислен индекс риска для каждого варианта обустройства месторождения:

- индекс риска – интегральный показатель совокупного уровня рисков для каждого варианта;

- индекс риска включает в себя все риски данного варианта с учетом их величины (оценки вероятности и последствий реализации риска);
- индекс риска рассчитан на основе балльно-весовой методики, в которой веса каждой категории риска подобраны с учетом ожидаемых потерь от реализации рисков данной категории.

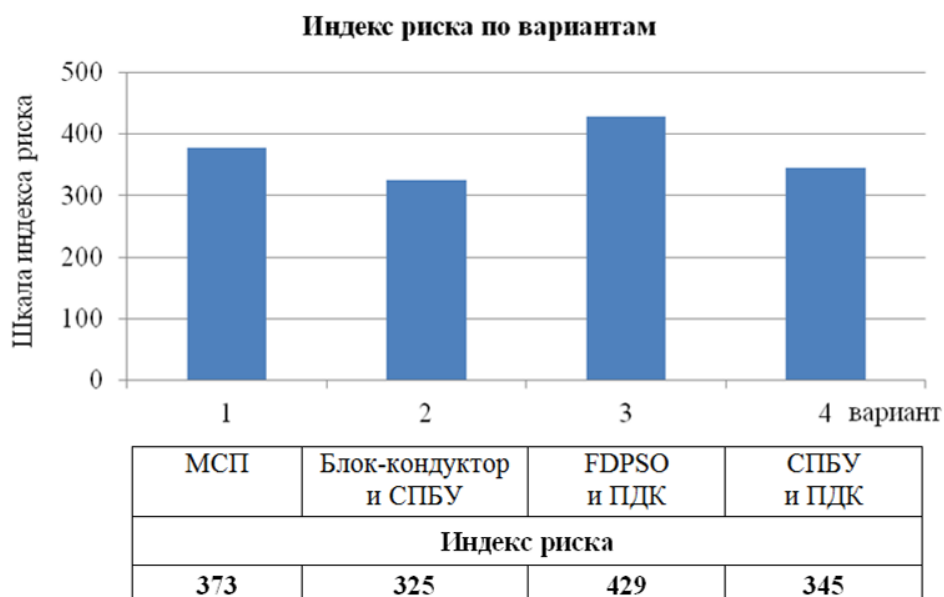


Рис. 1. Результаты качественной оценки риска по вариантам обустройства месторождения

Индексы риска представляют собой, по существу, качественный или полуколичественный подход к ранжированию и сопоставлению рисков.

Технология оценки значимости риска. Матрица рисков

Матрица рисков или матрица вероятности/последствий представляет собой способ отображения рисков в соответствии с их последствиями и вероятностью объединения этих характеристик для отображения рейтинга значимости риска.

Технологии оценки значимости риска используются в процессе, включающем определение снижения уровня риска. В работе рассмотрена модель Alagr, представляющая собой критерии, в которых критерий приемлемости или переносимости риска заключается в том, насколько целесообразно делать больше для снижения риска [17, 23, 30, 31].

Для осей матрицы рисков были определены индивидуальные шкалы вероятности и последствий (таблица 3, 4). После определения частотности и последствий каждой опасности и потенциально возможного аварийного случая эти показатели были использованы для определения относительных показателей степени риска. Показатели степени риска будут обозначать, какие опасности представляют наибольшие риски для рассматриваемой деятельности при обустройстве месторождения.

Результаты качественной оценки рисков визуализируются в матрице рисков и делятся по уровням, представленным в таблице 6. По вертикали располагается показатель вероятности, который описан в реестре риска, по горизонтали показатель

последствий. Показатель степени риска, располагающийся в месте пересечения двух показателей, будет входить в одну из следующих трех основных групп:

- Неприемлемый уровень (оранжевая заливка, показатели риска от 12 до 25) или недопустимая категория риска, где деятельность должна быть прекращена и подвергнута риску, чтобы снизить ее до приемлемого уровня. Для этого уровня риска на последующей стадии проектирования должен быть проведен детальный анализ неприемлемых опасностей с обязательной выработкой и внедрением особых мер безопасности для снижения риска.

- Приемлемый уровень (зеленая заливка, показатели риска до 3 включительно) или широко приемлемая категория риска, где риск настолько низок, что не нужно учитывать дальнейшее снижение риска. Приемлемый уровень риска, предусматривает контроль и подтверждение на последующих стадиях проектирования.

- Регион между этими пределами или практически разумный уровень – уровень Alarp (желтая заливка, показатель риска от 4 до 10 включительно), где дальнейшее снижение риска должно быть реализовано, если это разумно и практически осуществимо. Практически разумными считаются опасности, реализация которых с катастрофическими последствиями крайне маловероятна, либо частые события могут привести к малозначительным последствиям. В отношении таких опасностей не требуется осуществлять выработку и внедрение каких-либо мер на последующих стадиях проектирования, как и для приемлемого уровня риска [17].

Таблица 6

Матрица рисков

Последствия →		П1	П2	П3	П4	П5
Вероятность ↓		Заметные	Существенные	Умеренные	Критические	Катастрофические
B5	Очень часто	5 уровень Alarp	10 уровень Alarp	15 уровень	20 уровень	25 уровень
B4	Часто	4 уровень Alarp	8 уровень Alarp	12 уровень	16 уровень	20 уровень
B3	Возможно	3 уровень	6 уровень Alarp	9 уровень Alarp	12 уровень	15 уровень
B2	Нечасто	2 уровень	4 уровень Alarp	6 уровень Alarp	8 уровень Alarp	10 уровень Alarp
B1	Редко	1 уровень	2 уровень	3 уровень	4 уровень Alarp	5 уровень Alarp

Целью оценок риска является фокусированное внимание на областях наиболее высоких рисков, а также определение факторов, оказывающих на них значимое влияние. В матрице рисков преобладают риски, реализация которых с катастрофическими последствиями крайне маловероятна. Данная матрица позволяет оценить уровень каждого риска в отдельности и сфокусировать внимание на катастрофических и критических показателях.

В работе выполнена качественная оценка риска, так как количественная оценка, в том числе с точки зрения выработки мероприятий смягчения и устранения последствий сценарных событий, проводится на последующих этапах реализации

проекта – стадии разработки проектной документации в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию» при разработке «Декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта» [9].

Заключение

В результате выполненного анализа определена значимость каждого из критериев в зависимости от типа сооружения, глубины моря и внешних нагрузок окружающей среды в месте установки сооружения.

Применение методики оценки риска, так же, как и применение метода экспертных оценок и метода анализа иерархий позволяют выполнить первичную оценку о возможности реализации проектируемого сооружения в рассматриваемых условиях. Однако для получения более точного результата необходимо выполнение множества приближений, что усложняет процесс вычислений. Множество приближений обосновывается необходимостью уточнения каждого критерия с учетом конструктивного типа сооружения и условий эксплуатации. Для выбора критериев, позволяющих оценить и сравнить типы, рассматриваемых сооружений исходя из мировой практики, наличия опыта отечественного проектирования и строительства буровых платформ для добычи нефти и газа, буровые сооружения были классифицированы по конструктивному типу, по способу их установки над скважиной в процессе бурения, выделяя их в две основные группы.

Любая система оценки на стадии концептуального проекта или во время предпроектной проработки позволяет повысить лишь вероятность принятия правильного решения в случае отсутствия мирового аналога и недостатка объема исходных данных. Основная трудность при оценке риска в любой деятельности состоит в том, что неопределенность будущих результатов полностью неустранима, т.е. речь идет о влиянии факторов, которые либо неизвестны на момент принятия решения, либо влияние которых невозможно определить однозначно.

Авторами статьи разработана модель качественной оценки рисков; сформирована матрицы рисков и ранжирования вариантов обустройства на основании совокупного уровня риска. Сформирован объединенный реестр рисков, разработана методика и проведен расчет индекса риска с целью их ранжирования и сопоставления между собой для каждого варианта обустройства морского месторождения на стадии концептуального проектирования.

Анализ показал, что наиболее перспективный вариант обустройства месторождения, имеющий наименьший индекс риска в общем реестре риска может иметь критическое значение по одному из критериев; в данном случае такие риски есть в экологических аспектах. Следовательно, эти риски должны быть дополнительно рассмотрены экспертами и приняты меры, например, конструктивные решения, для снижения последствий или уменьшения вероятности их возникновения.

Список литературы

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013-2030 годы». Утверждена постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 304.
2. Мукаев Р.Ч. Оценка рисков инвестиционных проектов разработки нефтяных месторождений методом имитационного моделирования (Монте-Карло) // Проблемы анализа риска. Т. 12. 2015. № 3. С. 22-35.

3. Мазурина Е.В., Разманов С.В. Учёт рисков и неопределённости в инвестиционном проектировании нефтегазового бизнеса // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2006. № 6. С. 4-13.
4. Р 50.1.084–2012 Рекомендации по стандартизации. Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по созданию реестра риска организации.
5. Кулешова Е.В. Управление рисками проектов: учебное пособие. 2-е изд. Томск: Эль Контент, 2015. 188 с.
6. ГОСТ Р 51901.22-2012 Национальный стандарт Российской Федерации Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения.
7. Иванова О.А., Благовидова И.Л., Родькина А.В. Система критериев для сопоставления и оценки применимости различных типов буровых установок в суровых климатических условиях // Научные проблемы водного транспорта. 2020. № 65. С. 37–53.
8. Ставровский Е.Р., Лазарев Е.И. Совершенствование методов вероятностной оценки экономической эффективности и рисков инвестиционных проектов в газовой отрасли // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2011. № 4. С. 32-41.
9. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
10. Анохин А.Н. Методы экспертных оценок. Учебное пособие. Обнинск, 1996, 148 с.
11. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. Санкт-Петербург, Российский морской регистр судоходства, 2018, 460 с.
12. Гохман О.Г. Экспертное оценивание. Учебное пособие. Изд-во ВГУ, 1991.
13. ГОСТ Р 51901.21-2012 Национальный стандарт Российской Федерации. Менеджмент риска. Реестр риска. Общие положения.
14. Guidelines for formal safety assessment for use in the IMO rule-making process. MSC. MEPC.2/Circ. 12/Rev.2. London, International Maritime Organization, April 2018. 71 p.
15. Recommended practice DNVGL-RP-B401. DNV GL AS, June 2017. 64 p.
16. NACE Standard SP0387-2006 (formerly RP0387-99) Item No. 21036. NACE International, 2006. 9 p.
17. ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска.
18. Modelling and analysis of marine operations. Det Norske Veritas, 2011. 17 p.
19. Joachim Berger. IMPac Offshore Engineering, Hamburg. Ise protection structures. «Schiff und Hafen», June 2008. № 6.
20. Parshall J. Evolving Subsea Technology Tackles Huge New Risks of Today,s Projects. Journal of Petroleum Technology, May 2008. pp. 40–47.
21. Paul Verlaan, Ken Croasdale. ICE ISSUES RELATING TO THE KASHAGAN PHASE II DEVELOPMENT, NORTH CASPIAN SEA. POAC 01, August 2001. Ottawa, Canada.
22. InnoRig 21C-The super safe jack-up of the future // Offshore Technology International. 2012. URL: <http://www.offshore-publication.com> (дата обращения 18.03.2021).
23. 6 October 2016 – Deutsche Oel & Gas – Drilling of natural gas well KLU A-2 off to a successful start. URL: <http://www.deutsche-oel-gas.com>. (дата обращения 18.03.2021).
24. 30 September 2015 – Deutsche Oel & Gas – Completion of infrastructure – Summary of work in the Kitchen Lights Unit in 2015. URL: <http://www.deutsche-oel-gas.com>. (дата обращения 18.03.2021).
25. Kirwan B. A validation of three Human Reliability Quantification techniques – THERP, HEART and JHEDI: Part III - Results and validation exercise // Applied Ergonomics. 1997. 28(1). pp. 27-39.
26. Kirwan B. A Guide to Practical Human Reliability Assessment // London: Taylor & Francis. 1994.
27. Kirwan B., Ainsworth L.K. A Guide to Task Analysis // London: Taylor & Francis. 1992.
28. Kirwan B., Kennedy R., Taylor-Adams S., Lambert B. A validation of three Human Reliability Quantification techniques – THERP, HEART and JHEDI: Part II - Practical aspects of the usage of the techniques // Applied Ergonomics. 1997. 28(1). pp. 17-25.
29. Lees F. Human factors and human element // Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control. 1996. Vol. 3. Butterworth Heinemann.

30. Kobyliński L. System and risk approach to ship safety, with special emphasis on stability // Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2007. 7. 4.
31. Kobyliński L., Staszewska K. Ocena ryzyka stateczności statku nieuszkodzonego // Ocena ryzyka przy zagrożeniu spowodowanym czynnikiem ludzkim. Fundacja Bezpieczeństwa Żeglugi, Raport 10. 2007.
32. Нефтяные слезы России: Экономика: РБК. URL: <https://www.rbc.ru/economics/10/04/2012/5703f5c09a7947ac81a66c05> (дата обращения 20.04.2021).
33. Последствия аварий на подводных переходах нефтяных магистралей и методы борьбы с ними. 2015. URL: <https://1cert.ru/stati/posledstviya-avariy-na-podvodnykh-perekhodakh-neftyanykh-magistralej-i-metody-borby-s-nimi> (дата обращения 23.04.2021).

References

1. Gosudarstvennaya programma Rossiyskoy Federatsii «Razvitiye sudostroyeniya i tekhniki dlya osvoyeniya shel'fovyykh mestorozhdeniy na 2013-2030 gody». [State program of the Russian Federation "Development of shipbuilding and equipment for the development of offshore fields for 2013-2030".] Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of April 15, 2014 No. 304
2. Mukaev R.Ch. Otsenka riskov investitsionnykh proyektov razrabotki neftyanykh mestorozhdeniy metodom imitatsionnogo modelirovaniya (Monte-Karlo) [Risk assessment of investment projects for the development of oil fields by simulation modeling (Monte Carlo)] *Problems of risk analysis*. T. 12. 2015. No. 3. pp. 22-35.
3. Mazurina E.V., Razmanov S.V. Uchet riskov i neopredelonnosti v investitsionnom proyektirovanii neftegazovogo biznesa [Accounting for risks and uncertainty in the investment design of the oil and gas business] *Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom*. 2006. № 6. pp. 4-13.
4. R 50.1.084–2012 Rekomendatsii po standartizatsii. Menedzhment riska. Reyestr riska. Rukovodstvo po sozdaniyu reyestra riska organizatsii. [Recommendations for standardization. Risk management. Risk register. Guidance for creating an organization's risk register.]
5. Kuleshova Ye.V. Upravleniye riskami proyektov: uchebnoye posobiye. [Project risk management: a tutorial] 2-ye izd. Tomsk: El' Kontent, 2015. 188 p.
6. GOST R 51901.22-2012 Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii Menedzhment riska. Reyestr riska. Pravila postroyeniya. [National standard of the Russian Federation Risk management. Risk register. Construction rules.]
7. Ivanova O.A., Blagovidova I.L., Rodkina A.V. Sistema kriteriyev dlya sopostavleniya i otsenki primenimosti razlichnykh tipov burovykh ustanovok v surovyykh klimaticheskikh usloviyakh [A system of criteria for comparing and evaluating the applicability of various types of drilling rigs in harsh climatic conditions] *Nauchnyye problemy vodnogo transporta*. 2020. № 65. pp. 37–53.
8. Stavrovskiy Ye.R., Lazarev Ye.I. Sovershenstvovaniye metodov veroyatnostnoy otsenki ekonomicheskoy effektivnosti i riskov investitsionnykh proyektov v gazovoy otrasli [Improving the methods of probabilistic assessment of economic efficiency and risks of investment projects in the gas industry] *Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom*. 2011. № 4. S. 32-41.
9. Federal'nyy zakon ot 21.07.1997 g. № 116-FZ «O promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"yektov». [On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities]
10. Anokhin A.N. Metody ekspertnykh otsenok. Uchebnoye posobiye. [Methods of expert assessments. Tutorial] Obninsk, 1996, 148 p.
11. Pravila klassifikatsii, postroyki i oborudovaniya plavuchikh burovykh ustanovok i morskikh statsionarnykh platform [Rules for the Classification, Construction and Equipment of Floating Drilling Units and Offshore Fixed Platforms] Saint-Petersburg: Russian Maritime Register of Shipping, 2018. 460 p.
12. Gokhman O.G. Ekspertnoye otsenivaniye. Uchebnoye posobiye. [Expert assessment. Tutorial] Izd-vo VGU, 1991.

13. GOST R 51901.21-2012 Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii. Menedzhment riska. Reyestr riska. Obshchiye polozheniya. [National Standard of the Russian Federation. Risk management. Risk register. General provisions.]
14. Guidelines for formal safety assessment for use in the IMO rule-making process. MSC. MEPC.2/Circ. 12/Rev.2. London, International Maritime Organization, April 2018. 71 p.
15. Recommended practice DNVGL-RP-B401. DNV GL AS, June 2017. 64 p.
16. NACE Standard SP0387-2006 (formerly RP0387-99) Item No. 21036. NACE International, 2006. 9 p.
17. GOST R 58771-2019 Menedzhment riska. Tekhnologii otsenki riska. [Risk management. Risk assessment technologies.]
18. Modelling and analysis of marine operations. Det Norske Veritas, 2011. 17 p.
19. Joachim Berger. IMPac Offshore Engineering, Hamburg. Ice protection structures. «Schiff und Hafен», June 2008. № 6.
20. Parshall J. Evolving Subsea Technology Tackles Huge New Riscks of Today's Projects. Journal of Petroleum Technology, May 2008. pp. 40–47.
21. Paul Verlaan, Ken Croasdale. ICE ISSUES RELATING TO THE KASHAGAN PHASE II DEVELOPMENT, NORTH CASPIAN SEA. POAC 01, August 2001. Ottawa, Canada.
22. InnoRig 21C-The super safe jack-up of the future // Offshore Technology International. 2012. URL: <http://www.offshore-publication.com> (accessed 18.03.2021).
23. 6 October 2016 – Deutsche Oel & Gas – Drilling of natural gas well KLU A-2 off to a successful start. URL: <http://www.deutsche-oel-gas.com>. (accessed 18.03.2021).
24. 30 September 2015 – Deutsche Oel & Gas – Completion of infrastructure – Summary of work in the Kitchen Lights Unit in 2015. URL: <http://www.deutsche-oel-gas.com>. (accessed 18.03.2021).
25. Kirwan B. A validation of three Human Reliability Quantification techniques – THERP, HEART and JHEDI: Part III - Results and validation exercise // Applied Ergonomics. 1997. 28(1). pp. 27-39.
26. Kirwan B. A Guide to Practical Human Reliability Assessment // London: Taylor & Francis. 1994.
27. Kirwan B., Ainsworth L.K. A Guide to Task Analysis // London: Taylor & Francis. 1992.
28. Kirwan B., Kennedy R., Taylor-Adams S., Lambert B. A validation of three Human Reliability Quantification techniques – THERP, HEART and JHEDI: Part II - Practical aspects of the usage of the techniques // Applied Ergonomics. 1997. 28(1). pp. 17-25.
29. Lees F. Human factors and human element // Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control. 1996. Vol. 3. Butterworth Heinemann.
30. Kobyliński L. System and risk approach to ship safety, with special emphasis on stability // Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2007. 7. 4.
31. Kobyliński L., Staszewska K. Ocena ryzyka stateczności statku nieuszkodzonego // Ocena ryzyka przy zagrożeniu spowodowanym czynnikiem ludzkim. Fundacja Bezpieczeństwa Żeglugi, Raport 10. 2007.
32. Neftyanyye slezy Rossii: Ekonomika: RBK. [Oil tears of Russia: Economics: RBC.] URL: <https://www.rbc.ru/economics/10/04/2012/5703f5c09a7947ac81a66c05> (accessed 20.04.2021).
33. Posledstviya avariya na podvodnykh perekhodakh neftyanykh magistralei i metody bor'by s nimi [Consequences of accidents at underwater crossings of oil pipelines and methods of dealing with them] 2015. URL: <https://1cert.ru/stati/posledstviya-avariya-na-podvodnykh-perekhodakh-neftyanykh-magistralei-i-metody-borby-s-nimi> (accessed 23.04.2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Иванова Ольга Александровна,
канд. техн. наук, инженер-конструктор
1-й категории АО «ЦКБ «Коралл», 299028,
г. Севастополь, ул. Репина, 1;
доцент кафедры «Океанотехника и
кораблестроение» ФГАОУ ВО

Olga A. Ivanova, Ph.D. in Engineering Science,
Design Engineer of 1st Category of General
Engineering and Naval Architecture
Department 11, General Engineering Office
111 "Corall" JSC Central Design Bureau, 1,
Repina st., Sevastopol; 299028;

«Севастопольский государственный университет», 299053, г. Севастополь,
ул. Университетская, 33,
e-mail: o.a.ivanova.kmt@mail.ru

Родкина Анна Владимировна,
канд. техн. наук, доцент кафедры
«Инновационное судостроение и технологии
освоения шельфа» ФГАОУ ВО
«Севастопольский государственный
университет», 299053, г. Севастополь,
ул. Университетская, 33,
e-mail: a.v.rodkina@mail.ru

Assistant Professor of the Department of Ocean
Technology and Shipbuilding Sevastopol State
University, 33, Universitetskaya st., Sevastopol,
299053

Anna V. Rodkina, Ph.D. in Engineering
Science, Assistant Professor of the Department
of Innovative shipbuilding and shelf
development technologies Sevastopol State
University, 33, Universitetskaya st., Sevastopol,
299053

Статья поступила в редакцию 15.04.2022; опубликована онлайн 07.06.2022.
Received 15.04.2022; published online 07.06.2022.