

Определение рисков при диагностировании опасных производственных объектов

Рассмотрены принципы определения значимых производственных рисков диагностирования радиационным методом контроля, позволяющие повысить безопасность технических объектов и производительность труда, снизить степень воздействия негативных производственных факторов на человека и окружающую среду



А.Ф. Воробьева

инженер по качеству
ООО «Фирма
«Севертехдиагностика»,
г. Ухта

Т.А. Новосельцева

руководитель экспертной
группы по интегрированной
системе менеджмента
ООО «Газпром трансгаз Ухта»,
г. Ухта,
tnovoselceva@sgp.gazprom.ru,
канд. техн. наук, доцент

Магистральные нефтегазопроводы относятся к категории опасных производственных объектов, то есть являются источниками повышенной опасности для работников и окружающей материально-производственной среды.

Одним из результативных методов определения технического состояния производственных объектов, в том числе в нефтегазовой промышленности, является диагностика технических устройств. Современный этап развития технического диагностирования методами неразрушающего контроля отличается сложными условиями выполнения работ (на опасных производственных объектах), а также опасными видами выполнения работ, что приводит к повышению рисков возникновения инцидентов и аварий, как правило, сопровождающихся разрушением материально-технических ресурсов и причинением вреда здоровью работников. К наиболее опасному виду неразрушающего контроля относится радиационный метод контроля, при выполнении которого возникает вероятность поражения α -, β -, γ -частицами, отравление радиоактивными веществами, их изотопами и продуктами распада и т.д.

Чтобы на предприятии эффективно функционировала система менеджмента в области охраны труда и промышленной безопасности, необходимо располагать полной информацией о негативных производственных факторах, адекватно оценивать имеющиеся риски в соответствии с требованиями международного стандарта [1].

Производственными факторами. Определение опасностей производится в соответствии с технологическим регламентом проведения работ. Следует иметь в виду, что балльная оценка является одним из важных элементов при принятии соответствующих решений высшим руководством.

Для оценки производственных рисков применяется классический метод, согласно которому оценка рисков рассчитывается по формуле:

$$R = P W,$$

где R — риск, в баллах;

P — вероятность возникновения опасности, в баллах;

W — серьезность последствий воздействия опасности, в баллах.

Вероятность возникновения опасности P описывается количественной характеристикой: числом случаев, возникающих в течение определенного количества операций, за год (годы) работы, и ранжируется по пяти вероятностям — от минимального до очень высокого с градацией в один балл.

Серьезность последствий воздействия опасности W определяется по степени вреда, причиненного здоровью работника, ущербу, нанесенному материальным ценностям, производственной среде, и ранжируется по пяти вероятностям — от минимальной до катастрофической с градацией в один балл.

Исходя из значений P и W , количественные категории рисков приведены в матрице классификации рисков (табл. 1). Категории рисков подразделяются на незначительные ($R \leq 3$), низкие ($3 < R \leq 6$), средние ($6 < R < 12$) и высокие ($R \geq 12$).

Риски, отнесенные к категории «незначительные», считаются допустимыми и управляемыми с помощью дей-

ключевые слова

производственные риски, техническое диагностирование, радиационный метод контроля, опасные производственные объекты

Алгоритм определения рисков и управления негативными производственными факторами

Авторами предложен алгоритм определения рисков и управления опасными и вредными

Таблица 1

Матрица классификации рисков**Количественный критерий риска R, в баллах**

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

ствующих на предприятии процедур и инструкций, требующих поддержания в технически исправном состоянии оборудования и инструментов, своевременного обучения, инструктажа и проверки знаний работников, наличия средств индивидуальной защиты и т.д.

Риски, отнесенные к категориям «низкие», «средние» и «высокие», считаются недопустимыми и требуют разработки специальных мер по управлению ими в зависимости от критерия риска.

Данные расчета количественного критерия риска для радиационного метода неразрушающего контроля технической диагностики объектов нефтяной и газовой промышленности приведены в табл. 2.

Для подтверждения достоверности данной методики диагностики технических устройств может быть использован метод математического моделирования.

Метод математического моделирования

При помощи линейной многофакторной модели рассчитывается зависимость риска от вида опасности, степени вероятности ее возникновения и серьезности последствий воздействия радиационного метода контроля на работников и материально-производственную среду.

Принимая уравнение линейной многофакторной модели в виде:

$$Y_{1,2,\dots,k} = a_0x_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_kx_k$$

и используя регрессионный многофакторный анализ, получаем следующие значения:

► для работников:

$$x_0 = -7,43, x_1 = -0,0043, x_2 = 2,67, x_3 = 2,84;$$

► для материально-производственной среды:

$$x_0 = -3,24, x_1 = 0,34, x_2 = 1,02, x_3 = 2,93.$$

Следовательно, уравнение множественной регрессии примет вид:

► для работников:

$$Yx_1x_2x_3 = \\ = -7,43 - 0,0043x_1 + 2,67x_2 + 2,84x_3;$$

► для материально-производственной среды:

$$Yx_1x_2x_3 = \\ = -3,24 - 0,34x_1 + 1,02x_2 + 2,93x_3.$$

Для подтверждения адекватности полученной модели был проведен анализ парных и частных множественных коэффициентов корреляции, а также расчеты с помощью средних квадратичных отклонений всех факторов, парного коэффициента корреляции, частного коэффициента корреляции для модели двухфакторной регрессии, частного коэффициента корреляции второго порядка для модели трехфакторной регрессии.

При вычислении совокупного коэффициента множественной корреляции регрессионного многофакторного анализа получены значения $Ryx_1x_2x_3 = 0,99$ и для работников, и для материально-производственной среды.

Проверяя адекватность модели на основе F -критерия Фишера, уравнение регрессии признается адекватным при условии $F_{\text{расч}} > F_{\text{табл}}$. Для работников $F_{\text{расч}} = 46,83 > F_{\text{табл}} = 2,96$, а для материально-производственной среды $F_{\text{расч}} = 1333 > F_{\text{табл}} = 2,96$.

Таблица 2
Определение количественного критерия рисков при выполнении радиационного контроля

Описание опасностей при выполнении работ	Условия возникновения опасности			Вероятность возникновения опасности (P), балл	Вероятность последствий воздействия опасности (W), балл	Риск (R), балл	Критерии рисков	Серьезность последствий воздействия опасности (W), балл	Риск (R), балл	Критерии рисков
	Нормальный режим работы	Отклонение от нормального режима работы	Потенциально аварийные условия работы							
Отравление парами нефти, нефтепродуктами, опасными и ядовитыми веществами	+	+	+	3	5	15	B	1	3	H
Обрушение стенок котлована	+	+	+	3	4	12	B	4	12	B
Ушибы, переломы, вывихи (при падении с высоты)	+	+	+	3	3	9	C	3	9	H
Ушибы, переломы, вывихи (при падении на скользкой поверхности)	+	+	+	3	3	9	C	3	9	H
Получение травмы от торчащих предметов	+	+	+	3	4	12	B	1	3	H
Получение травмы от предметов, падающих с высоты	+	+	+	3	4	12	B	4	12	H
Падение с высоты (более 1,5 м)	+	+	+	3	4	12	B	3	9	H
Недостаточное освещение объекта	+	+	+	3	3	9	C	1	3	O
Ожог рук	+	+	+	2	3	6	H	1	2	H
Воздействие природных факторов (осадки)	+	+	+	3	2	6	H	1	3	H
Неблагоприятные условия местности (высокая влажность, работа в ручье, траншее, болоте)	+	+	+	3	4	12	B	3	9	C
Обветривание лица, рук	+	+	+	2	1	2	O	1	2	H
Обморожение лица, рук	+	+	+	2	2	4	H	1	2	H
Переохлаждение тела	+	+	+	2	4	8	C	1	2	H
Солнечный, тепловой удары	+	+	+	2	2	4	H	1	2	H
Воздействие третьих лиц	+	+	+	3	5	15	B	5	15	B
Укусы животных и насекомых	+	+	+	3	4	12	B	1	3	H
Нападение диких зверей	+	+	+	3	4	12	B	1	3	H
Авария при транспортировке на объект	+	+	+	3	5	15	B	5	15	B
Авария на объекте (пожар, взрыв и т.д.)	+	+	+	3	5	15	B	5	15	B
Пищевое отравление	+	+	+	3	2	6	H	1	3	H
Опасность попадания под высокое напряжение более 100 кВ	+	+	+	3	4	12	B	3	9	C
Опасность поражения рентгеновскими частицами	+	+	+	3	5	15	B	1	3	O
Опасность поражения α-частицами	+	+	+	3	5	15	B	1	3	O
Опасность поражения β-частицами	+	+	+	3	5	15	B	1	3	O
Опасность поражения γ-частицами	+	+	+	3	5	15	B	1	3	O
Опасность поражения нейтронами	+	+	+	3	5	15	B	1	3	O
Отравление радиоактивными веществами, их изотопами, продуктами распада	+	+	+	3	5	15	B	5	15	B
Поражение электрическим током	+	+	+	3	1	3	O	1	9	O
Воздействие высокого уровня шума	+	+	+	4	3	12	B	1	4	C

Критерии риска: O — незначительные, H — низкие, C — средние, B — высокие

Таким образом, построенная регрессионная модель определения риска имеет вид:

► для работников:

$$Y_{x_1x_2x_3} = -7,43 - 0,0043x_1 + 2,67x_2 + 2,84x_3;$$

► для материально-производственной среды:

$$Y_{x_1x_2x_3} = -3,24 + 0,34x_1 + 1,02x_2 + 2,93x_3.$$

Данные регрессионные модели выполняют условия адекватности, то есть соответствуют модели реального процесса. Следовательно, она может быть признана пригодной не только для анализа, но и для прогнозирования рисков.

Анализ коэффициентов уравнения множественной регрессии рисков для работников позволяет сделать вывод о степени влияния каждого из трех факторов на оценку риска. Так, параметр $x_1 = 0,0043$ свидетельствует о том, что с увеличением количества видов опасностей на один критерий следует ожидать повышения риска на 0,0043 балла. Параметр $x_2 = 2,67$ говорит о том, что с увеличением вероятности возникновения опасности на один критерий риск может увеличиться на 2,67 балла. Параметр $x_3 = 2,84$ свидетельствует о том, что с увеличением серьезности последствий воздействия опасности на один критерий можно ожидать увеличение риска на 2,84 балла.

Анализ коэффициентов уравнения множественной регрессии риска позволяет сделать аналогичный вывод и для материально-производственной среды. Так, параметр $x_1 = 0,34$ говорит о том, что с увеличением количества видов опасностей на один критерий следует ожидать увеличение риска на 0,34 балла. Параметр $x_2 = 1,02$ позволяет с большой долей достоверности предположить, что с увеличением вероятности возникновения опасности на один критерий риск может увеличиться на 1,02 балла. Параметр $x_3 = 2,93$ свидетельствует о том, что с увеличением серьезности последствий воздействия опасности на один критерий риск возрастет на 2,93 балла.

Однако на основе коэффициентов регрессии невозможно определить, какой из факторных признаков оказывает наибольшее влияние на результативный признак. На их основе нельзя также установить, в развитии каких факторных признаков заложены наиболее крупные резервы изменения результативного показателя, так как в коэффициентах регрессии не учтена вариация факторных признаков. Ответы на эти вопросы могут быть получены при расчете коэффициента эластичности \mathcal{E}_i , нормированного коэффициента регрессии β_i и среднего частного коэффициента эластичности Δ_i .

При определении коэффициентов эластичности были получены значения:

► для работников:

$$\mathcal{E}_1 = -0,006, \mathcal{E}_2 = 0,709, \mathcal{E}_3 = 0,973;$$

► для материально-производственной среды:

$$\mathcal{E}_1 = -0,001, \mathcal{E}_2 = 0,915, \mathcal{E}_3 = 0,99.$$

Судя по количественному значению коэффициентов, наибольшее влияние на риск оказывает серьезность последствий воздействия опасности — как для работника, так и для материально-производственной среды. Для работников повышение серьезности последствий воздействия опасности на 1 % приводит к увеличению рисков на 0,973 %, повышение вероятности возникновения опасности на 1 % — к увеличению рисков на 0,709 %, снижение количества видов опасностей на 1 % снижает риски на 0,006 %.

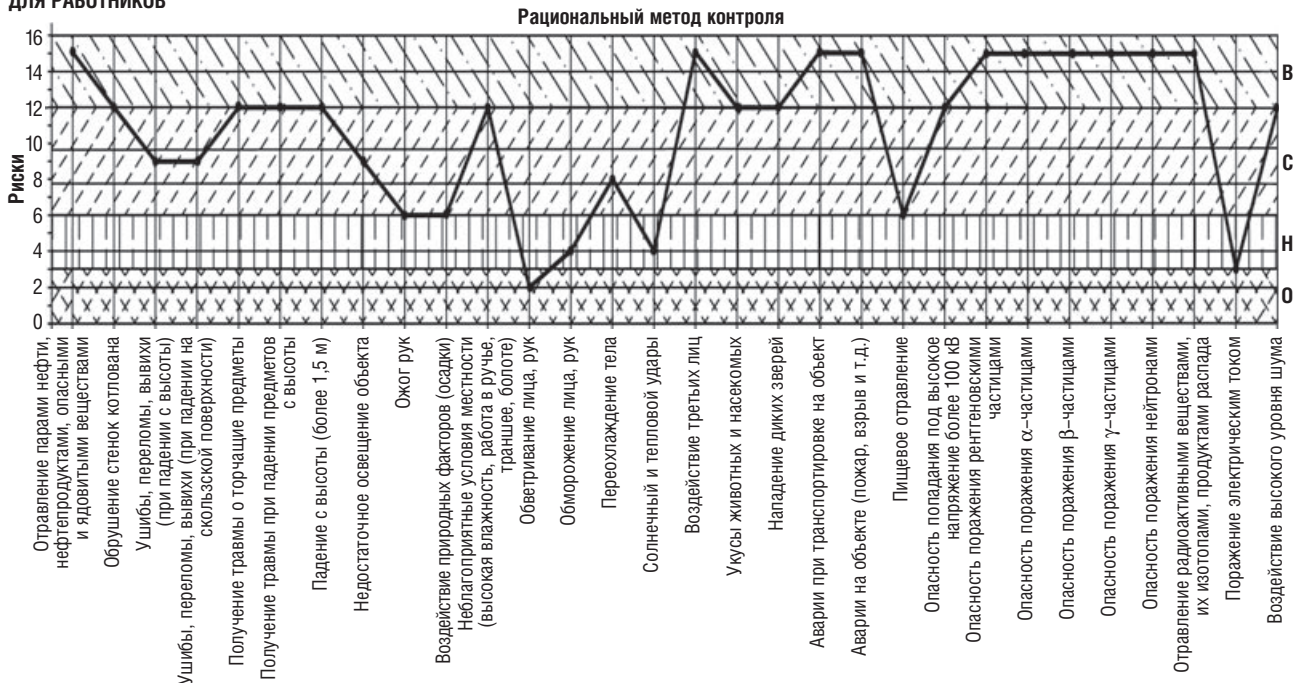
Для материально-производственной среды повышение серьезности последствий воздействия опасности на 1 % приводит к увеличению рисков на 0,99 %, повышение вероятности возникновения опасности на 1 % увеличивает риски на 0,915 %, снижение количества видов опасностей на 1 % ведет к снижению рисков на 0,001 %.

При определении нормированных коэффициентов регрессии получены следующие значения:

► для работников:

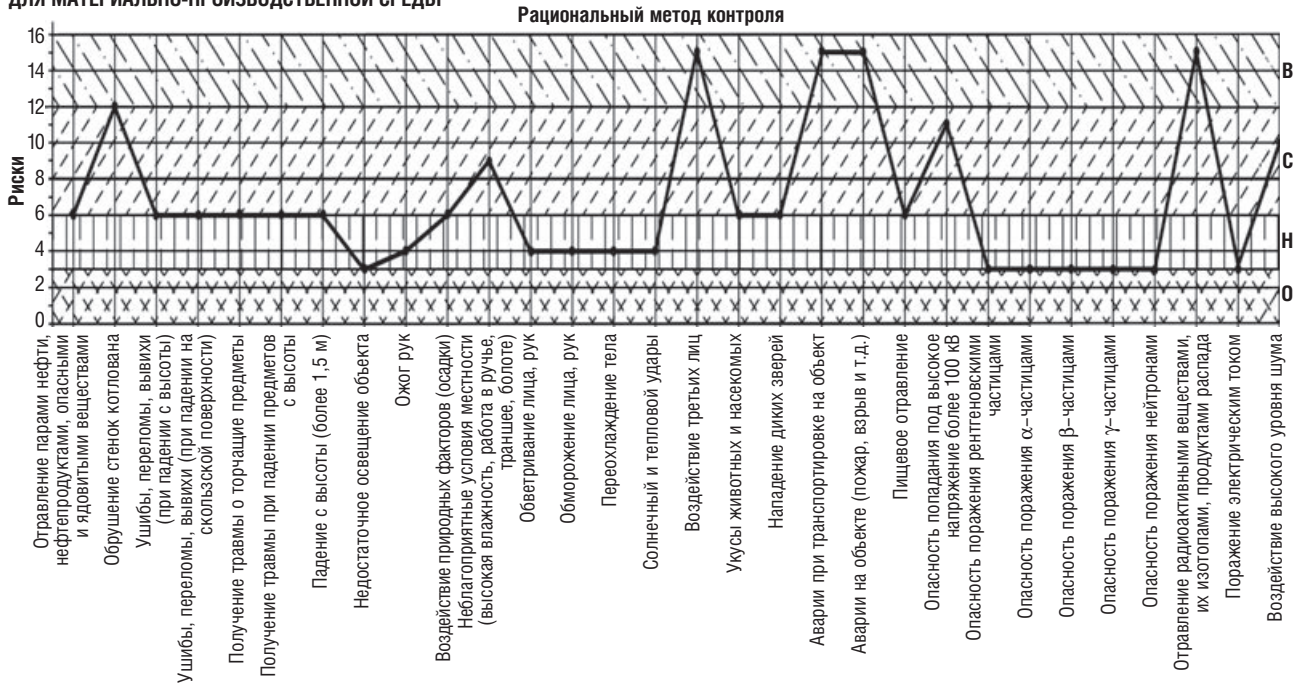
$$\beta_1 = 0,012, \beta_2 = 0,282, \beta_3 = 0,882;$$

ДЛЯ РАБОТНИКОВ



Описание опасностей при выполнении работ на опасных производственных объектах

ДЛЯ МАТЕРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ



Описание опасностей при выполнении работ на опасных производственных объектах

► для материально-производственной среды:

$$\beta_1 = -1,01, \beta_2 = 0,171, \beta_3 = 0,99.$$

Анализ β_i -коэффициентов показывает, что из трех исследуемых на риск факторов с учетом уровня их вариации наибольшее влияние для работников и материально-производственной среды способен оказать фактор серьезности последствий воздействия опасности, так как ему соответствует наибольшее (по абсолютной величине) значение β_i -коэффициента.

При определении средних частных коэффициентов эластичности (для работников: $\Delta_1 = 0,004$, $\Delta_2 = 0,157$, $\Delta_3 = 0,947$, а для материально-производственной среды: $\Delta_1 = 0,0002$, $\Delta_2 = 0,057$, $\Delta_3 = 0,99$) установлено, что наибольшая доля прироста риска для работников и материально-производственной среды из трех анализируемых факторов зависит от фактора «повышение серьезности последствий воздействия опасности».

Таким образом, на основании коэффициента эластичности \mathcal{E}_i , нормированного коэффициента регрессии β_i , среднего частного коэффициента эластичности Δ_i можно судить о резервах увеличения серьезности последствий воздействия опасности, которые заложены в том или ином опасном производственном факторе.

Ранжирование критериев рисков при помощи регрессионной модели для персонала и материально-производственной среды (см. рисунок) можно проанализировать на представленных диаграммах. В незначительную зону рисков согласно расчетам попадает всего лишь 7,4 % опасностей для работников и 25,9 % опасностей для материально-производственной среды из

Чтобы добиться эффективного функционирования системы менеджмента в области охраны труда и промышленной безопасности, необходимо располагать полной информацией о негативных производственных факторах, адекватно оценивать имеющиеся риски в соответствии с требованиями международного стандарта

числа идентифицированных опасных и вредных производственных факторов, которые считаются допустимыми в соответствии с действующими в организации мерами. Остальные 92,6 % опасностей для работников и 74,1 % опасностей для материально-производственной среды являются недопустимыми и требуют разработки специальных мероприятий по защите.

Таким образом, с помощью предложенной методики при проведении неразрушающего контроля опасных производственных объектов можно определять и идентифицировать негативные производственные факторы, ранжировать их в зависимости от критериев риска, управлять данными факторами, воздействующими на работников организации и материально-производственную среду при нормальном и аварийном режимах работы, а также планировать мероприятия по предупреждению рисков в процессах диагностики радиационными методами контроля технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах. ■

Список литературы

1. OHSAS 18001–2007. Системы менеджмента в области охраны труда и техники безопасности. — М.: Стандартинформ, 2008.

Как подготовить рекламу для журнала «Компетентность»

Рекламные статьи редакция оформляет в соответствии с макетом, принятым в журнале для статей этой категории.
Допустимые форматы текстовых файлов: TXT, RTF, DOC

Допустимые форматы графических файлов и готовых модулей: логотипы, графики, диаграммы, схемы — **AI 8-й версии** (EPS, текст переведен в кривые); фотографии — **TIFF, JPEG** (Grayscale, RGB, CMYK) с разрешением **300 dpi**