

УДК 622.8:550.832

Управление рисками при эксплуатации гидрогеологических скважин

Го Хайлинь, канд. техн. наук¹

А.В. Фролов, профессор, канд. техн. наук²

А.Я. Третьяк, профессор, д-р. техн. наук²

В.М. Забабурин, доцент, канд. техн. наук²

¹ Китайский геологический университет (КНР)

² Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)

e-mail: bgd_frolov@mail.ru, 13050465@mail.ru

Ключевые слова:

эксплуатация гидрогеологических скважин, экологический риск, производственный риск, методы анализа и оценки риска, прогнозирование риска, надежность, управление рисками, математическая модель, эффективность.

Сформирована система принципов управления рисками. Предложен наиболее приемлемый способ исследования технического состояния эксплуатационных гидрогеологических скважин. Разработан алгоритм управления рисками. Разработана математическая модель оценки надежности эксплуатации скважин.

1. Введение

Проектирование, строительство и эксплуатация гидрогеологических скважин сопряжены с угрозой загрязнения окружающей природной среды, возникновением техногенных аварий на скважине и заболеванием людей, а также экономическими потерями. Современная теория и практика в области промышленной безопасности в качестве показателя опасности широко использует категорию риска как количественную меру уровня опасности исследуемого объекта. С учетом вектора воздействия негативных факторов и сферы деятельности предприятия риски классифицируются на экологический, экономический, производственный, профессиональный и прочие.

Для снижения любого вида риска необходимо его проанализировать, оценить возможный уровень, а также разработать и внедрить комплекс защитных мероприятий, т.е. выполнить ряд процедур по управлению риском. Научную основу методологии управления рисками составляет системный анализ безопасности, который можно осуществлять как до наступления нежелательного события и после. При этом может быть применен либо детерминированный подход к анализу риска, состоящий в установле-

нии причинно-следственных связей формирования и реализации опасной ситуации, либо вероятностно-статистический, базирующийся на методах математической статистики и теории вероятностей.

Следует отметить, что при анализе и оценке рисков могут быть использованы прямые и косвенные методы. Прямые используют статистическую информацию по выбранному показателю риска или непосредственно показатели ущерба и вероятности их наступления. Косвенные методы используют показатели, характеризующие отклонение контролируемых параметров от норм и имеющие причинно-следственную связь с рисками.

Наиболее распространены следующие методы анализа и оценки рисков:

- логический анализ дерева событий;
- анализ видов и последствий отказов;
- моделирование структурной схемы надежности;
- многомерный статистический анализ;
- метод вербальных функций;
- экспертные (метод Делфи, методика Файн-Кинни, система Элмери и др.);
- матричные «вероятность-ущерб» и т.д.

Методы управления рисками также весьма разнообразны, но наиболее распространен метод *посте-*

пенного снижения риска. Он предполагает комплекс процедур, направленных на снижение вероятности наступления опасного события и объемов возможных потерь.

Анализ исследований в области методологии менеджмента рисков с учетом современных требований науки и практики позволяет сформировать систему принципов менеджмента рисков:

- решения, связанные с минимизацией рисков, должно быть экономически грамотными и не должны оказывать негативного воздействия на результаты экономической и хозяйственной деятельности предприятия;
- управление рисками должно осуществляться в рамках корпоративной стратегии организации;
- при управлении рисками принимаемые решения должны базироваться на необходимом объеме достоверной информации;
- при управлении рисками принимаемые решения должны учитывать объективные характеристики среды, в которой предприятие осуществляет свою деятельность;
- управление рисками должно носить системный характер;
- управление рисками должно предполагать текущий анализ эффективности принятых решений и оперативную корректировку набора используемых принципов и методов управления рисками.

Процесс управления рисками состоит из нескольких этапов:

- 1) постановка целей управления рисками;
- 2) анализ риска:
 - качественный,
 - количественный;
- 3) выбор методов снижения рисков;
- 4) анализ эффективности принятых решений и корректировка целей управления рисками.

Этап постановки целей управления рисками характеризуется использованием методов анализа и прогнозирования экономической конъюнктуры, выявления возможностей и потребностей предприятия в рамках стратегии и текущих планов его развития.

На *этапе анализа риска* используются методы качественного и количественного анализа: методы сбора имеющейся и новой информации, моделирования деятельности предприятия, статистические и вероятностные методы обработки данных и т.п.

На *этапе выбора методов снижения рисков* сопоставляют эффективность различных методов воздействия на риск: избегания риска, принятия риска на себя, передачи части или всего риска третьим лицам. Этап завершается выработкой оптимального набора управленческих решений.

На *завершающем этапе управления рисками* осуществляется контроль и оценка полученных результатов. Итогом данного этапа должно стать новое знание о риске, позволяющее, при необходимости, скорректировать ранее поставленные цели управления риском.

Таким образом, на каждом из этапов используются свои методы управления рисками. Результаты каждого предыдущего этапа управления становятся исходными данными для последующих этапов, образуя систему принятия решений с обратной связью. Такая система обеспечивает максимально эффективное достижение целей, поскольку знание, получаемое на каждом этапе, позволяет корректировать не только методы воздействия на риск, но и сами цели управления рисками.

2. Управление рисками эксплуатации скважин

Проблемы промышленной эксплуатации водозаборных гидрогеологических скважин всегда сопряжены с риском загрязнения продуктивных горизонтов, вследствие нарушения герметизации конструктивных элементов скважины, неконтролируемых перетоков из-за образования свищей и разрывов в обсадной колонне. Риск заражения потребителей питьевой воды из закрытых водозаборов особенно высок в сейсмически активных зонах, где за счет тектонического воздействия нарушается целостность конструкции скважины. Из-за окислительных процессов (коррозии), происходящих в обсадной колонне скважины, и естественного старения металла, а также при отсутствии системного мониторинга состояния крепи ствола, резко увеличиваются риски бесперебойной эксплуатации водозаборов.

Особую роль в снижении производственных рисков при проведении геологоразведочных работ играет оптимизация проектирования конструкции скважин в части надежности, технологичности и безопасности. Необходимо обеспечить:

- максимальное использование продуктивных горизонтов в процессе эксплуатации за счет выбора оптимального диаметра эксплуатационной колонны и возможности достижения проектного уровня гидродинамической связи продуктивных отложений со стволом скважины;
- применение эффективного оборудования, оптимальных способов и режимов эксплуатации продуктивных пластов;
- условия безопасного ведения работ без аварий и осложнений на всех этапах строительства и эксплуатации скважины;
- получение необходимой горно-геологической информации по вскрываемому разрезу;

- условия охраны недр и окружающей среды, в первую очередь за счет прочности и долговечности крепи скважины, герметичности обсадных колонн и кольцевых пространств, а также изоляции продуктивных горизонтов от проницаемых пород и дневной поверхности;
- максимальную унификацию по типоразмерам обсадных труб и режущего инструмента.

Важнейшее значение в управлении рисками при сооружении и эксплуатации гидрогеологических скважин имеет получение корректной и своевременной информации для определения их уровня. В качестве информационно-аналитической основы управления рисками при проектировании и эксплуатации водозаборных скважин целесообразно использовать мониторинг их технического состояния. Система мониторинга состояния представляет собой комплекс взаимодополняющих способов обследования скважины, включающий кавернометрию, резистивиметрию, расходомерию.

Специальные работы по обследованию скважин обычно проводятся при необходимости получить дополнительную информацию о техническом состоянии скважины. Необходимость их проведения устанавливается при анализе данных предварительного обследования скважины.

Обследование скважин электронно-каротажными станциями предназначено в том числе и для определения мест повреждения обсадной колонны труб, оценки качества цементирования затрубного пространства скважины, определения наличия перетока воды по затрубному пространству скважины. Дорогостоящие и сложные процессы исследования скважины, а также низкая достоверность результатов говорят не в пользу данных методов.

Рассмотрим предлагаемый для решения этих проблем способ исследования технического состояния эксплуатационных гидрогеологических скважин. Этот способ предполагает визуальный осмотр исследуемой зоны при помощи сканирующего устройства — видеокамеры и регистрацию полученного видеоизображения в режиме реального времени. На рис. 1 изображено расположение оборудования для реализации способа исследования технического состояния эксплуатационных гидрогеологических скважин: на передвижной станции (1) через ролик (2), закрепленный на металлическом спускоподъемном устройстве (3), проложен электрический грузонесущий кабель (4), снизу которого прикреплено сканирующее устройство — видеокамера (5) для работы в исследуемой скважине (6).

Способ исследования технического состояния эксплуатационных гидрогеологических скважин состоит в следующем. В исследуемую зону скважины,

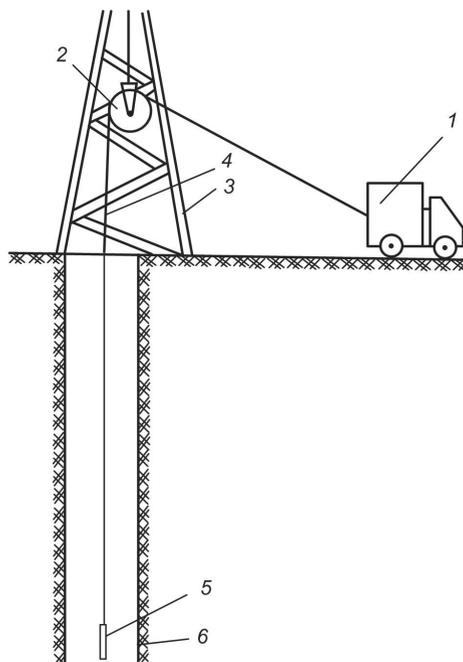


Рис. 1. Расположение оборудования для реализации способа исследования технического состояния гидрогеологических скважин

на электрическом грузонесущем кабеле при помощи спускоподъемного устройства и станции опускают сканирующее устройство — видеокамеру. После этого начинают поднимать сканирующее устройство — видеокамеру, фиксируя глубину и одновременно регистрируя изображение в режиме реального времени. При этом получают достоверную информацию о техническом состоянии скважин, что позволяет на ранних стадиях определить дефекты, разрушение конструкции скважины, предотвратить аварии, избежать загрязнения в продуктивном горизонте и в целом увеличить ресурс скважины.

В процессе исследования скважины и при обнаружении в обсадных трубах каверн, трещин и свищей возникает необходимость устранения этих дефектов, чтобы обеспечить бесперебойную добычу воды, не нарушая при этом сложившуюся экологическую систему. Качество питьевой воды должно отвечать требованиям, предъявляемым к возможности ее дальнейшей обработки и использования, а также исключать риск массового заражения потребителей.

Следует иметь в виду, что со временем состояние и качество воды в эксплуатируемом источнике может изменяться, чаще всего в сторону ухудшения. При увеличении токсичных веществ или других загрязнений организация, эксплуатирующая водозабор, обязана немедленно поставить об этом в известность местные власти, санитарную службу, а также органы охраны водных ресурсов или территориальное геологическое управление. При снижении производи-

тельности скважины или ухудшении качества воды должно быть проведено специальное обследование, в результате которого решается вопрос о восстановлении дебита скважины или ее тампонировании.

Для определения на ранней стадии дефектов и разрушения конструкции скважины, предотвращения аварии, избежания загрязнения в продуктивном горизонте и увеличения ресурса осмотра, испытания и ремонт скважин должны проводиться в установленные графиком сроки. При этом динамический уровень воды измеряют не реже одного раза в месяц, статический уровень воды — не реже одного раза в два месяца. Один раз в год проводят генеральную проверку состояния скважины и определяют производительность, устанавливают причины изменения производительности, качества воды, гидрогеологических условий эксплуатации водоносного горизонта, проверяют состояние обсадных труб и фильтра.

3. Математическая модель оценки рисков

Надежность гидрогеологической скважины и возникающие при этом риски можно оценить с помощью математической модели. Потеря гидрогеологической скважиной работоспособного состояния происходит вследствие повреждений в его элементах (например, фильтрах), которые со временем изменяют его выходные параметры (вектор $Y(t)$). Параметрами повреждений (вектор $U(t)$), характеризующими процессы повреждений, могут быть линейный или объемный износ фильтровой колонны, показатель ее коррозии, свищи в фильтре, параметр развития трещины трубы и т.д.

К *выходным параметрам*, определяющим техническое состояние гидрогеологической скважины, относятся параметры повреждений, если их можно контролировать, и технологические показатели: производительность, режимы работы, температура, давление, уровни воды в скважине, удельный дебит и т.д. Между выходными параметрами $Y(t)$ и параметрами повреждений $U(t)$ всегда существуют функциональные связи:

$$Y(t) = \begin{pmatrix} Y_1(t) \\ \dots \\ Y_i(t) \\ \dots \\ Y_n(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \psi_1(U_1, \dots, U_k, \dots, U_l, t) \\ \dots \\ \psi_i(U_1, \dots, U_k, \dots, U_l, t) \\ \dots \\ \psi_n(U_1, \dots, U_k, \dots, U_l, t) \end{pmatrix}, \quad (1)$$

$(i = 1, 2, \dots, n), k = 1, 2, \dots, l)$

Параметры повреждений зависят от случайных факторов (вектор $X(t)$), действующих на объект как снаружи, так и изнутри (рис. 2). На практике обычно

находят зависимости между выходными параметрами $Y(t)$ и случайными факторами $X(t)$:

$$U(t) = \begin{pmatrix} U_1(t) \\ \dots \\ U_k(t) \\ \dots \\ U_l(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \theta_1(X_1, \dots, X_j, \dots, X_m, t) \\ \dots \\ \theta_k(X_1, \dots, X_j, \dots, X_m, t) \\ \dots \\ \theta_l(X_1, \dots, X_j, \dots, X_m, t) \end{pmatrix}, \quad (2)$$

$(j = 1, 2, \dots, m)$.

$$Y(t) = \begin{pmatrix} Y_1(t) \\ \dots \\ Y_i(t) \\ \dots \\ Y_n(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \phi_1(X_1, \dots, X_j, \dots, X_m, t) \\ \dots \\ \phi_i(X_1, \dots, X_j, \dots, X_m, t) \\ \dots \\ \phi_n(X_1, \dots, X_j, \dots, X_m, t) \end{pmatrix} \quad (3)$$

Таким образом, техническое состояние гидрогеологической скважины в любой момент времени определяется вектором $Y(t)$ в n -мерном фазовом пространстве. Тогда математическая модель процесса потери гидрогеологической скважиной работоспособного состояния представляется *фазовой траекторией*, описанной *вектором-функцией* $Y(t)$ с составляющими по осям координат $Y_1(t), \dots, Y_i(t), \dots, Y_n(t)$ и начальными значениями $Y_{10}, \dots, Y_{i0}, \dots, Y_{n0}$ при $t = 0$.

Если рассматривать область работоспособного состояния гидрогеологической скважины как множество G состояний, определяемых значениями вектора-функции $Y(t)$, то принадлежность данного состояния множеству G ($Y(t) \in G$) будет означать, что объект работоспособен. Границы множества G устанавливаются допустимыми значениями выходных параметров $[Y_{1n}], \dots, [Y_{in}], \dots, [Y_{nn}]$ или некоторой их совокупности и зависят от требований к безотказности функционирования скважины в целом.

Для прогнозирования изменения выходного параметра $Y_i(t)$ как случайной функции необходимо использовать ее соответствующие характеристики и, в первую очередь, математическое ожидание $M\{Y_i(t)\}$, которое оценивает в среднем процесс потери скважиной работоспособности по данному выходному



Рис. 2. Схема формирования выходных параметров объекта

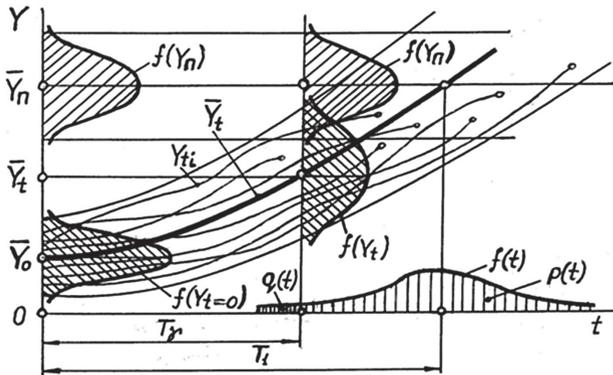


Рис. 3. Модель формирования параметрического отказа при варьировании предельного значения выходного параметра

параметру. Тогда совокупность реализации фазовой траектории и анализ возможных вариантов развития процессов повреждений, ограниченных допустимыми значениями выходных параметров $Y(t) \leq [Y_{\Pi}]$, определяет область работоспособного состояния гидрогеологической скважины.

Рассмотрим в общем виде модель формирования параметрического отказа по какому-либо выходному параметру $Y_t = Y_i(t)$ (рис. 3), например, по удельному дебиту гидрогеологической скважины.

Полагая, что случайные величины Y_{Π} и Y_t распределены по нормальному закону вне зависимости от того, какое распределение имеет наработка до отказа $f(t)$ (это положение подтверждается центральной предельной теоремой Ляпунова), в соответствии с рис. 3 определим вероятность отказа $q(t)$ по выходному параметру Y_t . Для этого рассмотрим композицию двух законов распределения $f(Y_{\Pi})$ и $f(Y_t)$. Тогда закон распределения разности $Z = Y_{\Pi} - Y_t$ определяется как

$$f(Z) = \int_{-\infty}^{\infty} f(Y_{\Pi}) f(Z - Y_{\Pi}) dY_{\Pi} = \int_{-\infty}^{\infty} f(Y_t) f(Z - Y_t) dY_t. \quad (4)$$

Так как случайные величины Y_{Π} и Y_t нормально распределены, то и случайная величина Z будет иметь нормальное распределение с плотностью вероятности; $Y_{\Pi}, \bar{Y}_{\Pi}, \sigma_{\Pi}, \nu_{\Pi}$ — соответственно случайное значение, математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации и плотность вероятности предельного значения выходного параметра, по которому фиксируется отказ; $Y_t, \bar{Y}_t, \sigma_t, \nu_t$ — соответственно случайное значение, математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации и плотность вероятности текущего значения выходного параметра как случайной функции; T_1, T_γ — средняя и гамма-процентная наработка до отказа по выходному параметру; Y_0 — начальное значение выходного параметра.

$$f(Z) = \frac{1}{\sigma_Z \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(Z-\bar{Z})^2}{2\sigma_Z^2}} \quad (5)$$

и функцией распределения

$$F(Z) = \int_{-\infty}^Z f(Z) dZ = \Phi(u_p), \quad (6)$$

где u_p — квантиль нормированной нормальной функции распределения Φ :

$$u_p = \frac{Z - \bar{Z}}{\sigma_Z}; \quad (7)$$

$\bar{Z} = \bar{Y}_{\Pi} - \bar{Y}_t$ — математическое ожидание разности Y_{Π} и Y_t ;
 $\sigma_Z = \sqrt{\sigma_{\Pi}^2 + \sigma_t^2}$ — среднеквадратическое отклонение случайной величины Z .

Если учесть, что отказ для каждой реализации выходного параметра Y_t происходит при условии $Y_{\Pi} = Y_p$, т. е. при $Z = 0$, то, подставив значения $\sigma_{\Pi} = \bar{Y}_{\Pi} \nu_{\Pi}$ и $\sigma_t = \bar{Y}_t \nu_t$ в выражение (7), получим

$$u_p = -\frac{\bar{Z}}{\sigma_Z} = -\frac{\bar{Y}_{\Pi} - \bar{Y}_t}{\sqrt{\sigma_{\Pi}^2 + \sigma_t^2}} = -\frac{\bar{Y}_{\Pi} - \bar{Y}_t}{\sqrt{\bar{Y}_{\Pi}^2 \nu_{\Pi}^2 + \bar{Y}_t^2 \nu_t^2}}. \quad (8)$$

Откуда по квантили u_p можно найти вероятность отказа:

$$q(t) = F(Z) = \Phi(u_p) = \Phi\left(-\frac{Y_{\Pi} - \bar{Y}_t}{\sqrt{\bar{Y}_{\Pi}^2 \nu_{\Pi}^2 + \bar{Y}_t^2 \nu_t^2}}\right) = 1 - \Phi\left(\frac{\bar{Y}_{\Pi} - \bar{Y}_t}{\sqrt{\bar{Y}_{\Pi}^2 \nu_{\Pi}^2 + \bar{Y}_t^2 \nu_t^2}}\right). \quad (9)$$

Из выражения (8) найдем значение выходного параметра \bar{Y}_t :

$$\bar{Y}_t = \bar{Y}_{\Pi} \frac{1 + u_p \sqrt{\nu_t^2 + \nu_{\Pi}^2} - u_p^2 \nu_t^2 \nu_{\Pi}^2}{1 - u_p^2 \nu_t^2}, \quad (10)$$

где u_p следует подставлять со знаком «-», пользуясь таблицей квантилей нормального распределения. Например, в зависимости от вероятности безотказной работы $p(t)$ квантили имеют значения:

$p(t)$	0,5	0,8	0,9	0,95	0,975
u_p	0	-0,8416	-1,2816	-1,6490	-1,960
$p(t)$	0,99	0,999	0,9999	0,99999	
u_p	-2,3263	-3,0902	-3,720	-4,2654	

Подставив в уравнение (8) выражение для математического ожидания коэффициента безопасности (надежности) $\bar{n} = \bar{Y}_t / \bar{Y}_t$, получим

$$u_p = -\frac{\bar{n} - 1}{\sqrt{\bar{n}^2 v_{\Pi}^2 + v_t^2}}. \quad (11)$$

Из этой формулы найдем предельное значение \bar{n} , при котором наступит отказ с заданной вероятностью $q(t)$

$$\bar{n} = \frac{1 + u_p \sqrt{v_t^2 + v_{\Pi}^2} - u_p^2 v_t^2 v_{\Pi}^2}{1 - u_p^2 v_{\Pi}^2}. \quad (12)$$

Обычно случайная функция выходного параметра представляется зависимостью ее математического ожидания от математических ожиданий случайных параметров:

$$\bar{Y}_i(t) = \bar{Y}_t = \phi(\bar{X}_1, \dots, \bar{X}_j, \dots, \bar{X}_m, t). \quad (13)$$

Тогда среднеквадратическое отклонение этой функции можно определить по формуле

$$\sigma_t = \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial \phi}{\partial X_j} \right)^2 \sigma_j^2 + 2 \sum_{i < j} \left(\frac{\partial \phi}{\partial X_i} \right) \left(\frac{\partial \phi}{\partial X_j} \right) \sigma_i \sigma_j r_{ij}}, \quad (14)$$

где σ_i и σ_j — среднеквадратическое отклонение параметров X_j ; r_{ij} — коэффициент взаимной корреляции между параметрами; $\partial \phi / \partial X_j$ — частная производная функции ϕ по параметру X_j .

Если случайные параметры $X_1, \dots, X_j, \dots, X_m$ некоррелированы, то выражение (14) упрощается

$$\sigma_t = \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial \phi}{\partial X_j} \right)^2 \sigma_j^2} = \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial \phi}{\partial X_j} \right)^2 \bar{X}_j^2 v_j^2}. \quad (15)$$

При расчете деталей машин широко применяют формулы, описывающие выходной параметр функциями вида

$$\bar{Y}_t = \prod_{j=1}^m \bar{X}_j^{\alpha_j}, \quad (16)$$

где α_j — показатель степени j -го фактора.

Коэффициент вариации выходного параметра для этой функции

$$v_t = \sqrt{\sum_{j=1}^m \alpha_j^2 v_j^2}. \quad (17)$$

В случае описания выходного параметра полиномом вида $Y_t = \sum_{j=1}^m X_j$ математическое ожидание равно

$$\bar{Y}_t = \sum_{j=1}^m \bar{X}_j, \text{ а коэффициент вариации}$$

$$v_t = \frac{1}{\bar{Y}_t} \sum_{j=1}^m v_j^2 \bar{X}_j^2. \quad (18)$$

Числовые значения математического ожидания \bar{X}_j и среднеквадратического отклонения σ_j выбирают по справочным данным или на основе специальных экспериментов. До накопления таких данных предлагается оценивать их по предельным значениям, т.е. по минимальному $X_{j\min}$ и максимальному $X_{j\max}$ значениям. Тогда математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение следует определять по формулам:

$$\bar{X}_j = \frac{X_{j\max} + X_{j\min}}{2}; \quad (19)$$

$$\sigma_j = \frac{X_{j\max} - X_{j\min}}{d}, \quad (20)$$

где d — коэффициент, зависящий от числа испытаний N :

N	2	5	10	15	20	30	50	100
d	1,13	2,3	3,1	3,5	3,7	4,1	4,5	5,0

Для параметров, минимальные $X_{j\min}$ и максимальные $X_{j\max}$ значения которых нормированы (например, технологические допуски), обычно полагают, что поле допуска покрывается «шестисигмовой» зоной:

$$\sigma_j = \frac{X_{j\max} - X_{j\min}}{6}. \quad (21)$$

Это предположение соответствует вероятности $P = 0,9973$ нахождения параметра в пределах поля допуска. При других значениях вероятности P среднеквадратическое отклонение параметра находят по формуле

$$\sigma_j = \frac{X_{j\max} - X_{j\min}}{2u_p}, \quad (22)$$

где значение $2u_p$ принимают в зависимости от вероятности P :

P	0,9	0,95	0,98	0,99	0,995	0,999
$2u_p$	3,29	3,92	4,66	5,16	5,62	6,38

Или, используя таблицу квантилей u_p нормированного нормального распределения, из формулы

$$\Phi(u_p) = \Phi\left(\frac{X_{j\max} - X_{j\min}}{2\sigma_j}\right) = \frac{P+1}{2} \quad (23)$$

находят среднеквадратическое отклонение σ , заданное вероятностью P .

4. Заключение

Комплексное обследование технического состояния эксплуатационных гидрогеологических скважин позволяет получить достоверную оперативную информацию не только для оценки и анализа рисков выхода скважины из строя. Эта информация дает возможность осуществлять целенаправленное

управление рисками путем реализации оптимальных организационно-технических мероприятий для обеспечения нормальной эксплуатации скважин, минимизации экономических потерь, предупреждения загрязнения окружающей среды, техногенных аварий на скважине и заболевания людей из-за использования некачественной воды.

Результаты работы получены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания на проведение НИОКР, шифр заявки № 5.1354.2011.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цхадая Н.Д., Буслаев В.Ф., Юдин В.М., Бараусова И.А., Нор Е.В. Учебное пособие: Безопасность и экология нефтегазового комплекса Тимано-Печорской провинции // Министерство образования Российской Федерации, Ухтинский государственный технический университет; Ухта, 2003.
2. Техническая инструкция по проведению геолого-технологических исследований нефтяных и газовых скважин (РД 153-39.0-069-01), 03-2001.
3. ГОСТ Р 51901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем.
4. Клейнер Г. Риски промышленных предприятий // Российский экономический журнал. 2005 — № 5-6. — С. 85-92.
5. ГОСТ Р 12.0.010-2009. Системы управления охраной труда. определение опасностей и оценка рисков.
6. Станиславчик Е. Н. Риск-менеджмент на предприятии. Теория и практика. М.: «Ось-89», 2002. — 80 с.
7. Васильева З.А. Обеспечение безопасности бурения при проходке гидратосодержащих горизонтов / З.А. Васильева, В.Ф. Буслаев, В.М. Юдин, А.В.Нор // «Экология и безопасность жизнедеятельности в XXI веке»: тезисы докладов — Ухта: УГТУ, 2002. — С. 43-44.
8. Ойгензихт В. Проблема риска промышленных предприятий. — М.: Прогресс, 2004. Романов В. С. Понятие рисков и их классификация как основной элемент теории рисков // Инвестиции в России. — 2000.

Risk Management at Operation of Hydro-geological Wells

Guo Haylin, Ph.D. of Engineering, Chinese geological university (People's Republic of China)

A.V. Frolov, Ph.D. of Engineering, Professor, Southern Russian state technical university (Novocherkassk polytechnic institute)

A.Ya.Tretiak, Doctor of Engineering, Professor, Southern Russian state technical university (Novocherkassk polytechnic institute)

V.M. Zababurin, Ph.D. of Engineering, Associate Professor, Southern Russian state technical university (Novocherkassk polytechnic institute)

The system of risk management principles is formed. The most acceptable mode for technical condition research of operational hydro-geological wells is offered. The risk management algorithm is developed. Mathematical model for operation reliability assessment of wells is created.

Keywords: hydro-geological wells operation; ecological risk; production risk; methods of risk analysis and assessment; risk forecasting; reliability; risk management; mathematical model; efficiency.

АНОНС

Читайте в следующем номере:

1. Использование принципа практической целесообразности при нормировании индивидуального риска.
2. Наводнения на Кубани: анализ причин и последствий.
3. Проблемы безопасности бесхозных гидротехнических сооружений.
4. Информационно-образовательные ресурсы по безопасности опасных производственных объектов.
5. Анализ процесса образования и методов снижения структурного шума малогабаритных ДВС с воздушной системой охлаждения.
6. Оценка ресурса прочности магистральных трубопроводов.
7. Улавливание или рекуперация паров нефтепродуктов.
8. Биологическая очистка сточных вод производства органического синтеза и другие материалы.