ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71652— 2024

ГОРНОЕ ДЕЛО

Методы определения риска загазирования горных выработок. Общие принципы

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»), Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 269 «Горное дело»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 октября 2024 г. № 1345-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Термины и определения 1
3 Общие принципы оценки 3

Введение

Настоящий стандарт устанавливает общие принципы определения риска загазирования горных выработок при подземной угледобыче, использование которых направлено на повышение объективности оценки рисков при подземной угледобыче.

Стандарт разработан с целью повышения объективности оценки рисков при подземной угледобыче. В стандарте предусматривается, что определение рисков на вновь запускаемом участке оценивают на основе априорных методов, с последующим переходом на апостериорные методы (которые на практике практически не применяются). Следует отметить, что только апостериорные оценки, получаемые в ходе эксплуатации производственного участка шахты, дают объективную оценку состояния промышленной безопасности.

Общие принципы определения рисков загазирования будут способствовать гармонизации национальных и международных нормативных документов.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОРНОЕ ДЕЛО

Методы определения риска загазирования горных выработок. Общие принципы

Mining. Methods for determining the risk of gassing of mine workings. General principles

Дата введения — 2024—11—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие принципы и методы определения риска загазирования горных выработок при подземной угледобыче, использование которых направлено на повышение объективности оценки рисков при подземной угледобыче.

Требования настоящего стандарта предназначены для использования организациями, занимающимися определением риска загазирования горных выработок, включая организации, занимающиеся проектированием, строительством, реконструкцией и техническим перевооружением угольных шахт, а также ответственными заинтересованными сторонами, осуществляющими контроль и государственный надзор в сфере промышленной безопасности.

2 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

2.1 **горная выработка:** Сооружение в недрах Земли или на ее поверхности, созданное в результате ведения горных работ и представляющее собой полость в массиве.

2.2

промышленная безопасность опасных производственных объектов: Состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий.

[ГОСТ Р 54977—2019, статья 31]

2.3

безопасность угольной шахты: Состояние защищенности угольной шахты от аварий и последствий этих аварий.

[ГОСТ Р 54977—2019, статья 3]

2.4

вред: Травмирование или заболевание, или иное повреждение здоровья, включая смерть, работающего или работавшего ранее человека, или повреждение здоровья его потомков, а также причинение ему материального ущерба и/или нарушение его благополучия.

Издание официальное

Примечания

1 Определение термина приведено с позиции обеспечения безопасности труда.

2 Наибольшим вредом для человека является смерть (утрата жизни) и/или потеря им (или его иждивенцами) источника существования.

3 Понятие вреда носит во многом социально-экономический и юридический характер и подразумевает возмещение вреда виновником причинения вреда.

[ГОСТ 12.0.002—2014, статья 2.2.1]

2.5

риск: Влияние неопределенности на достижение поставленных целей.

Примечание 1 — Под следствием влияния неопределенности необходимо понимать отклонение от ожидаемого результата или события (позитивное и/или негативное).

Примечание 2 — Цели могут быть различными по содержанию (в области экономики, здоровья, экологии и т. п.) и назначению (стратегические, общеорганизационные, относящиеся к разработке проекта, конкретной продукции и процессу).

Примечание 3 — Риск часто характеризуют путем описания возможного события (3.5) и его последствий (3.6) или их сочетания.

Примечание 4 — Риск часто представляют в виде последствий возможного события (включая изменения обстоятельств) и соответствующей вероятности.

Примечание 5 — Неопределенность — это состояние полного или частичного отсутствия информации, необходимой для понимания события (3.5), его последствий (3.6) и их вероятностей.

[ГОСТ Р ИСО 31000—2019, пункт 3.1]

2.6

загазирование: Превышение допустимых норм содержания метана в горных выработках.

[ГОСТ Р 57717—2017, статья 197]

2.7

событие: Возникновение или изменение специфического набора условий.

Примечание 1 — Событие может быть единичным или многократным и может иметь несколько причин.

Примечание 2 — Событие может быть определенным или неопределенным.

Примечание 3 — Событие может быть названо терминами «инцидент», «опасное событие» или «несчастный случай».

Примечание 4 — Событие без последствий (3.6) может также быть названо терминами «угроза возникновения опасного события», «угроза инцидента», «угроза поражения» или «угроза возникновения аварийной ситуации».

[ГОСТ Р ИСО 31000—2019, пункт 3.5]

2.8

последствие: Результат воздействия события на объект.

Примечание 1 — Результатом воздействия события может быть одно или несколько последствий.

Примечание 2 — Последствия могут быть определенными или неопределенными, могут быть ранжированы от позитивных до негативных.

Примечание 3 — Последствия могут быть выражены качественно или количественно.

Примечание 4 — Первоначальные последствия могут вызвать эскалацию дальнейших последствий по «принципу домино».

[ГОСТ Р ИСО 31000—2019, пункт 3.6]

2.9

риск чрезвычайной ситуации: Мера опасности чрезвычайной ситуации, сочетающая вероятность возникновения чрезвычайной ситуации и ее последствия.

[ГОСТ Р 55059—2012, статья 2]

2.10 **цена риска** (стоимостная мера риска): Математическое ожидание экономических потерь из-за отказов системы.

2.11 **ущерб:** Негативное последствие нежелательного события или ситуации.

2.12

анализ риска: Процесс изучения сути и содержания риска и определения уровня риска.

Примечание 1 — Анализ риска обеспечивает базу для оценивания риска и принятия решения о воздействии на риск.

Примечание 2 — Анализ риска включает в себя определение степени серьезности риска.

Примечание 3 — Как правило, анализ риска включает в себя установление причинно-следственных связей события с его источниками и последствиями.

[ГОСТ Р 51897—2021, статья 4.6.1]

3 Общие принципы оценки

3.1 Общие положения

3.1.1 Методы определения риска включают установление вида риска (по наступлению или возможному наступлению) конкретного события, определение вероятности наступления установленного неблагоприятного события, оценку величины возможного ущерба (выход из строя оборудования и механизмов, упущенная выгода, стоимость ремонта и т. д.) и выполнение операции сопоставления вероятности наступления установленного неблагоприятного события и величины возможного ущерба.

3.1.2 Стоимостная мера риска предназначена для обезличенной оценки возможных убытков, как от отдельного вида неблагоприятного события, так и от всех видов неблагоприятных событий.

Пример — Возможны два неблагоприятных события. Первое с вероятностью 0,5, второе с вероятностью 0,000001. Убытки от этих событий составят соответственно 2 рубля и 1 000 000 рублей. Стоимостная мера риска для них будет одинаковая. Для первого 0,5 · 2 = 1 рубль, для второго 0,000001 · 1 000 000 = 1 рубль.

3.2 Пути определения риска загазирования горных выработок

Определение риска загазирования горных выработок допускается выполнять априорным и апостериорным методами.

Априорный метод необходимо использовать в случаях, когда отсутствуют данные сменных хронометражей работы производственного участка, то есть когда отрабатывают новый выемочный столб и отсутствует лава-аналог.

Апостериорный метод необходимо использовать в случаях, когда сведения по сменным хронометражам работы производственного участка накопились и из них можно сформировать значимую статистическую выборку (10—15 рабочих смен) или когда отрабатывают выемочный столб, имеющий схожие характеристики и параметры (мощность пласта, природную газоносность, углы падения и простирания, схожие режимы и методы подготовки к выемке, включая дегазацию и т. д.) ранее отработанного выемочного столба (лава-аналог).

Выполнение процедур по оценке риска загазирования горных выработок априорным методом следует:

- оценить вероятность числа возможных остановок технологического процесса выемки полезного ископаемого для дополнительного проветривания выемочного участка за смену;
- вычислить необходимое время проветривания выемочного участка;
- по плану расположения технологического и энергетического оборудования выемочного участка определить время, необходимое для подготовки механизированного комплекса к работе (подача энергии, проверка защит, проверка готовности всех систем механизированного комплекса к работе), при этом считать, что произойдут сбои и отказы при выполнении не менее 30 % от необходимого числа операций.

Определяют стоимость «недобытого» за время простоя угля и общешахтные расходы.

Стоимостную меру риска $R(n,t)$ загазирования очистного забоя (число n_z и продолжительность t_z) за смену определяют произведением вероятности остановки на проветривание, вероятности продолжительности проветривания и упущенной выгоды за время простоя (проветривания).

Выполнение процедур по оценке риска загазирования горных выработок апостериорным методом по данным лавы-аналога необходимо определить по данным сменных хронометражей работы производственного участка лавы-аналога:

- число срабатывания аэрогазовой защиты по превышению нормативных значений концентрации метана;
- продолжительность проветривания производственного участка после срабатывания аэрогазовой защиты по превышению нормативных значений концентрации метана;
- время, затраченное на подготовку механизированного комплекса к работе (подача энергии, проверка защит, проверка готовности всех систем механизированного комплекса к работе, устранение сбоев и отказов и т. д.);
- число остановок технологического процесса на проветривание, инициированных сменными работниками по причине близких значений концентрации метана к пороговым нормативным значениям;
- продолжительность проветривания производственного участка, инициированного сменными работниками по причине близких значений концентрации метана к пороговым нормативным значениям;
- время, затраченное на пуск выемочного комбайна.

Примечание — Допускается использовать общее время проветривания, указанное в хронометраже работы производственного участка.

Выполнение процедур по определению риска загазирования горных выработок апостериорным методом по данным работы производственного участка при формировании значимой статистической выборки (устойчивой работы лавы не менее трех рабочих дней) необходимо определить по данным сменных хронометражей работы производственного участка:

- число срабатывания аэрогазовой защиты по превышению нормативных значений концентрации метана;
- продолжительность проветривания производственного участка после срабатывания аэрогазовой защиты по превышению нормативных значений концентрации метана;
- время, затраченное на подготовку механизированного комплекса к работе (подача энергии, проверка защит, проверка готовности всех систем механизированного комплекса к работе, устранение сбоев и отказов и т. д.);
- число остановок технологического процесса на проветривание, инициированных сменными работниками по причине близких значений концентрации метана к пороговым нормативным значениям;
- продолжительность проветривания производственного участка, инициированного сменными работниками по причине близких значений концентрации метана к пороговым нормативным значениям;
- время, затраченное на пуск выемочного комбайна.

Примечание — Допускается использовать общее время проветривания, указанное в хронометраже работы производственного участка.

По определенному числу остановок необходимо построить гистограммы числа остановок технологического процесса, вызванного необходимостью провести проветривание производственного участка. Оптимальное число диапазонов гистограммы k, округленное до ближайшего целого, следует определять по формуле Стерджесса

$$k = |1 + 3{,}322\lg(n)|, \quad (1)$$

где n — общее число наблюдений.

Определяют параметры теоретическиой функции плотности распределения вероятности случайных событий (числа остановок на проветривания и продолжительность проветривания), наиболее точно описывающих эмпирические распределения случайных величин. Для этого следует использовать метод максимального правдоподобия. Вероятность наступления нежелательного события следует определять по шкале от 0 до 1. Выбранные функции плотности распределения вероятности случайных событий следует проверить с помощью критериев согласия Колмогорова и Пирсона.

В случае остановки технологического процесса при срабатывании аэрогазовой защиты по превышению нормативных значений концентрации метана, необходимо сложить время, затраченное на проветривание производственного участка после срабатывания аэрогазовой защиты по превышению нормативных значений концентрации метана, и время, затраченное на подготовку механизированного комплекса к работе (подача энергии, проверка защит, проверка готовности всех систем механизированного комплекса к работе, устранение сбоев и отказов и т. д.).

Примечание — Допускается использовать общее время проветривания, указанное в хронометраже работы производственного участка.

В случае остановки технологического процесса для проветривания производственного участка, инициированной сменными работниками по причине близких значений концентрации метана к пороговым нормативным значениям, необходимо сложить время проветривания производственного участка, инициированное сменными работниками по причине близких значений концентрации метана к пороговым нормативным значениям, и время, затраченное на пуск выемочного комбайна.

Примечание — Допускается использовать общее время проветривания, указанное в хронометраже работы производственного участка.

Из полученных двух выборок значений времени общей продолжительности остановки технологического процесса выемки угля (по причине срабатывания аэрогазовой защиты по превышению нормативных значений концентрации метана и инициированные сменными работниками по причине близких значений концентрации метана к пороговым нормативным значениям) необходимо сформировать одну общую выборку.

По сформированной общей выборке значений времени общей продолжительности остановок технологического процесса выемки угля при необходимости провести проветривание производственного участка необходимо построить гистограммы времен остановки технологического процесса выемки угля. Оптимальное число диапазонов гистограммы k, округленное до ближайшего целого, следует определять по формуле Стерджесса.

На основе полученной гистограммы числа остановок технологического процесса вызванного необходимостью провести проветривание производственного участка, следует с помощью метода максимального правдоподобия определить параметры теоретической функции плотности распределения вероятности случайных событий (числа остановок на проветривания и продолжительность проветривания), наиболее точно описывающих эмпирические распределения случайных величин.

Полученные функции плотности распределения вероятности случайных событий — остановок технологического процесса для проветривание производственного участка следует проверить с помощью критериев согласия Колмогорова и Пирсона.

На основе полученной гистограммы времен общей продолжительности остановки технологического процесса выемки угля на проветривание производственного участка следует с помощью метода максимального правдоподобия определить параметры теоретической функции плотности распределения вероятности случайных событий (числа остановок на проветривания и продолжительность проветривания), наиболее точно описывающих эмпирические распределения случайных величин.

Полученные функции плотности распределения вероятности случайных событий — продолжительности проветривания производственного участка следует проверить с помощью критериев согласия Колмогорова и Пирсона.

Стоимостную меру риска $R(n,t)$ загазирования очистного забоя (число n_z и продолжительность t_z) за смену при различных уровнях доверительной вероятности (p^z) определяют произведением вероятности остановки на проветривание, вероятности продолжительности проветривания и упущенной выгоды, образующейся на основе стоимости «недобытого» за время простоя угля и общешахтных расходов.

Пример — Распределение числа остановок на проветривание наиболее точно описывается непрерывным экспоненциальным распределением $\left(p(n)=\int_0^{n_z}\lambda e^{-\lambda n}dn\right)$ ***и дискретным распределением Пуассона*** $\left(p(n)=\Sigma\frac{\Gamma(n+1,\lambda)}{n!}\right)$***. Распределение продолжительности проветривания наиболее точно описывается непрерывным распределением Вейбулла*** $\left(p(t)=\int_0^{t_z}\frac{k}{\lambda}\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k-1}e^{-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^k}dt\right)$***. Тогда риск загазирования очистного забоя, с учетом общешахтных расходов в единицу времени q, определяется по формуле***

$$R\left(n=n_z,\ t=t_z,p=p^z\right)=\begin{cases}\int_0^{n_z}\lambda e^{-\lambda n}dn \\ \cdot\int_0^{t_z}\frac{k}{\lambda}\left(\frac{t}{\lambda}\right)^{k-1}e^{-\left(\frac{t}{\lambda}\right)^k}dt\cdot\int_0^{t_z}qdt, \\ \sum\frac{\Gamma\left(n+1,\lambda\right)}{n!}\end{cases} \quad (2)$$

где n_z — *число загазирований;*

t_z — *продолжительность загазирований;*

p^z — *уровень доверительной вероятности;*

λ — *параметр экспоненциального распределения вероятности (среднее время наступления очередного загазирования очистного забоя после проветривания);*

Γ — *гамма-функция;*

k — *коэффициент формы распределения Вейбулла;*

q — *общешахтные расходы в единицу времени.*

3.3 Анализ тенденции изменения риска загазирования горных выработок

Целью анализа тенденции изменения и определения риска загазирования горных выработок является повышение промышленной безопасности ведения горных работ и повышение их экономической эффективности.

Анализ тенденции изменения и определения риска загазирования горных выработок представляет собой логическую цепочку, которая при системном применении позволяет проанализировать и оценить степень риска, связанного с загазированием горных выработок. При необходимости после оценки риска и определения тенденции его изменения следует принять меры и мероприятия (дополнительная дегазация, частичная разгрузка, проведение опережающего бурения, изменения режима работы выемочного комбайна и т. д.) по его снижению. Для адекватного снижения риска загазирования горных выработок может потребоваться повторение этого процесса.

Если не будут приняты соответствующие меры и мероприятия по снижению риска загазирования горных выработок, опасности, возникающие при загазировании горных выработок, не будут снижены, что может повлечь за собой причинение материального ущерба технологическому оборудованию, конструкции горной выработки и вреда здоровью горнорабочих.

Анализ изменения риска загазирования горных выработок при продвижении фронта горных работ, определенного апостериорным методом, выполняют по изменению стоимостной меры риска, по параметрам, характеризующим распределение вероятности.

Если в ходе анализа изменения риска загазирования горных выработок при продвижении фронта горных работ стоимостная мера риска снижается и если для этого были проведены соответствующие мероприятия по снижению газоносности выемочного блока и вмещающих пород, то они дадут положительный результат.

Если в ходе анализа изменения риска загазирования горных выработок при продвижении фронта горных работ стоимостная мера риска не меняется и при этом остается незначительной, то следует считать, горные работы имеют минимальный риск загазирования горных выработок.

Если в ходе анализа изменения риска загазирования горных выработок при продвижении фронта горных работ стоимостная мера риска не меняется и при этом остается значительной, то следует считать, горные работы имеют значительный риск загазирования горных выработок. В этом случае необходимо принять дополнительные меры по снижению газоносности выемочного блока и вмещающих пород и существенно изменить режим работы выемочного комбайна (уменьшить скорость подачи, изменить челночный режим на однопроходный и т. д.).

Если в ходе анализа изменения риска загазирования горных выработок при продвижении фронта горных работ стоимостная мера риска растет, то риск загазирования горных выработок возрастает. Поэтому необходимо принять меры по снижению газоносности выемочного блока и вмещающих пород и (или) изменить режим работы выемочного комбайна.

Одним из эффективных способов, позволяющих оценивать интенсивность остановок технологического процесса выемки полезного ископаемого, является применение коэффициента формы распределения вероятности Вейбулла, который характеризует интенсивность отказов «нормального» состоя-

ния техногенной среды производственного участка угольной шахты, т. е. возникновение концентраций метана в очистной горной выработке, близких к пороговым нормированным значениям и значениям, при которых срабатывает аэрогазовая защита.

Поэтому при использовании апостериорного метода определения риска загазирования горных выработок всегда необходимо проанализировать коэффициент формы распределения вероятности Вейбулла, даже в том случае, если это распределение вероятности не было определено наилучшим при использовании метода максимального правдоподобия в ходе определения теоретической функции плотности распределения вероятности случайных событий — числа загазирований производственного участка.

Анализ коэффициента формы распределения вероятности Вейбулла позволяет определить, насколько снижается частота загазирования горных выработок и как следствие повышается уровень промышленной безопасности. В этом случае коэффициент формы распределения вероятности Вейбулла менее единицы.

Если не меняется частота загазирования горных выработок и, как следствие, не меняется уровень промышленной безопасности, то коэффициент формы распределения вероятности Вейбулла равен единице.

Если растет частота загазирования горных выработок и, как следствие, понижается уровень промышленной безопасности, то коэффициент формы распределения вероятности Вейбулла более единицы.

УДК 622.7:004:006.354 ОКС 73.100.99

Ключевые слова: метод, риск загазирования, определение, информация, горно-техническая система, подземная угледобыча, функция

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 03.10.2024. Подписано в печать 09.10.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,12.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru