

зону розвитку верхньої тріщини. Відповідь на це дасть тільки промисловий експеримент проведення описаних ГРП.

Після проведення ГРП підняти НКТ, заміряти вибій і при наявності пробки в інтервалі перфорації — промити її, провести термокаротаж для визначення місця розриву пластів та проаналізувати результати проведених ГРП. Спустити НКТ і освоїти свердловину. Освоєння свердловини для одержання стабільного припливу газу є окремим дуже важливим етапом планованого промислового експерименту, проведення якого повинно робитися за окремим проектом. В проекті освоєння повинні бути розглянуті технічні засоби дренажу пласта і технологія виклику припливу. Після одержання продукції з пласта провести гідродинамічні дослідження свердловини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Проблеми застосування гідророзриву пласта в свердловинах для видобутку МВР Донбасу – Доповідь перша від ЦАВП,ЦОУЕНГ та ЦНДЛ
2. Качмар Ю.Д. Повышение качества проектирования гидropескоструйной перфорации, “Нефтяное хозяйство”, №10, 1982, с.39-40.
3. MFrac-II, Users Guide, Hydraulic Fracturing Simulator, Vers 7.x 1994.

УДК 622.411.332.004.82

К.Н. Адилов, С.М. Горбунов,
Угольный департамент ОАО «Испат Кармет»,
г. Караганда, Казахстан

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАНА ИЗ СКВАЖИН ГРП ПО КРИТЕРИЯМ НАДЕЖНОСТИ

Наведена характеристика процесів вилучення шахтного метану із свердловин методом гідророзриву пласта за критеріями надійності.

THE CHARACTERISTICS OF THE PROCESSES OF METHANE EXTRACTION FROM THE WELLS BY THE METHOD OF SHB ON THE BASIS OF THE CRITERIA OF RELIANCE

The characteristics of the processes of the mine methane extraction from the wells by the method of the seam hydro-burning-out on the basis of the reliance criteria are represented.

Интенсификация технологии извлечения шахтного метана через скважины гидрорасчленения (ГРП) эффективна при обеспечении надежности системы "Подземный газовый коллектор - погружной насос - насосно-компрессорные трубы (НКТ) - станок - качалка - участковые газопроводы - передвижная вакуумная установка" (ПГК - ПН - НКТ - СК - УГП - ПВУ).

Проведенные в шахтных условиях опытно-промышленные и промышленные испытания извлечения метана из скважин ГРП, по шахтам им. Ленина и Казахстанская, технически реализованы по технологической цепочке ПГК-ПН-НКТ-СК-УГП-ПВУ.

Проведенные статистические исследования надежности передвижных вакуумных установок типа ПВУ показывают, что как отдельные их крупные узлы и детали, так и установка в целом характеризуются экспоненциальными функциями распределения вероятностей безотказной их работы и восстановления работоспособности. Аналогично и по станкам-качалкам (СК-4, СК-6), погружному насосу (ПН), поршню со штангами.

Вероятностно-статистическое моделирование отказов и восстановлений работоспособности элементов ПГК, ПН, НКТ и СК в цепочке позволяет выявить уровень интенсификации технологии извлечения метана по критериям надежности в две стадии. На I стадии в цепочке целесообразно выделить подсистему ПН-НКТ, в которую входит поршень со штангами. Технологическая цепочка ПН-НКТ, состоящая из чисто последовательно соединенных элементов "погружной насос-поршень-НКТ-фильтр" (ПН-ПР-НКТ-Ф), выполняет функцию по откачке флюидов из ПГК. Надежность такой цепочки определяется на основе стохастического моделирования отказов и восстановлений работоспособности и исправности входящих в нее элементов. При заданных статистических характеристиках и параметрах экспоненциальных функций распределение вероятностей определяется безотказной работой и восстановлением. Надежность восстановления технологической цепочки определяется аналитически по теории марковских процессов. При чисто последовательном соединении элементов в цепочке отказ любого из них приведет к полному отключению всех остальных. В последних не происходит каких-либо существенных изменений. В этом случае основные характеристики надежности – интенсивность отказов определяется как $\lambda_{\Sigma} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4$,

а интенсивность восстановления $\mu_{\Sigma} = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4$

где: $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ – интенсивность отказов соответственно Ф, НКТ, Пр и ПН;

$\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ – интенсивность восстановлений соответственно Ф, НКТ, Пр и ПН.

При функционировании технологической цепочки "ПГК-НКТ-ПН-СК-УГП-ПВУ", входящих в ТС III группы надежность ее оценивается по критериям коэффициента готовности и как вероятности безотказной работы. Веро-

ятностно-статистическое моделирование отказов и восстановлений рассматриваемой цепочки ПГ-ПН-НКТ-СК-УГП-ПВУ основано, как и в случае цепочки СК-НКТ-ПГК, на теории марковских процессов. Однако, учитывая результаты ранее проведенных аналитических исследований технологической цепочки ПН-Пр-НКТ-Ф с чисто последовательным соединением в ней элементов, в цепочке ПН-НКТ-СК-УГП-ПВУ считать ПН-НКТ вместе с фильтром и поршнем со штангами как единый элемент НПУ (насос и поршень вместе с СК и УГП). Последний характеризуется интенсивностью отказов λ_{Σ} и восстановлений μ_{Σ} .

Стохастическая модель надежности цепочки ПГК-НПУ-ПВУ достаточно адекватно отображается на графе технологически возможных состояний отказов и восстановлений входящих в нее элементов.

Вероятности технологически возможных состояний цепочки ПГК-НПУ-ПВУ за время t : $P_{000}(t)$ – ПГК, НПУ и ПВУ работоспособны; $P_{100}(t)$ – ПГК - отказ, НПУ и ПВУ работоспособны; $P_{010}(t)$ – ПГК и ПВУ работоспособны, НПУ - отказ; $P_{001}(t)$ – ПГК, НПУ работоспособны, ПВУ - отказ; $P_{110}(t)$ – ПГК, НПУ отказ, ПВУ работоспособен; $P_{00II}(t)$ – ПГК, НПУ работоспособны, ПВУ – частично работоспособен; $P_{10II}(t)$ – ПГК - отказ, НПУ работоспособны, ПВУ – частично работоспособен; $P_{01II}(t)$ – ПГК - работоспособен, НПУ – отказ, ПВУ частично работоспособен.

Система дифференциальных уравнений вероятностей технологически возможных состояний цепочки ПГК-НПУ-ПВУ согласно графа технологической цепочки есть:

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{dP_{00n}(t)}{dt} &= [\lambda_{\Sigma}(t) + \mu_I(t)]P_{100}(t) + \lambda_I(t)P_{000}(t) + \mu_{\Sigma}(t)P_{110}(t) \\
 \frac{dP_{10n}(t)}{dt} &= \mu_{\Sigma}(t)P_{010}(t) + \lambda_I(t)P_{000}(t) \\
 &\dots\dots\dots \\
 \frac{dP_{100}(t)}{dt} &= \mu_{\Sigma}(t)P_{100}(t) + \lambda_I(t)P_{100}(t) \\
 &\dots\dots\dots \\
 \frac{dP_{0In}(t)}{dt} &= \mu_{\Sigma}(t)P_{0In}(t) + \lambda_I(t)P_{00n}(t) \\
 &\dots\dots\dots \\
 \frac{dP_{00n}(t)}{dt} &= [\lambda_{\Sigma}(t) + \mu_I(t)]P_{100}(t) + \lambda_I(t)P_{000}(t) + \mu_{\Sigma}(t)P_{110}(t)
 \end{aligned} \right\} (1)$$

где: $\lambda_1(t)$, $\lambda_2(t)$, $\lambda_3(t)$ – интенсивность отказов соответственно элементов ПГК, НПУ, ПВУ;

$\mu_1(t)$, $\mu_2(t)$, $\mu_3(t)$ – интенсивность восстановлений работоспособности соответственно элементов ПГК, НПУ, ПВУ

$\lambda_n(t)$ – интенсивность отказов, приводящих к состоянию частичной работоспособности элемента ПВУ;

$\mu_n(t)$ – интенсивность восстановлений работоспособности элемента ПВУ из состояния частичной его работоспособности.

Нормировочное условие:

$$P_{000}(t)+P_{100}(t)+P_{010}(t)+P_{001}(t)+P_{110}(t)+P_{00П}(t)+P_{10П}(t)+P_{01П}(t)=1 \quad (1a)$$

При предельном временном режиме и транзитивности графа технологически возможных состояний линии ПГК-НПУ-ПВУ очевидно свойство стационарности. В этом случае, приняв за критерий надежности технологической линии вероятности P_{000} и $P_{00П}$, из системы уравнений (1) и нормировочного условия (1a) при стационарном процессе отказов и восстановлений, нетрудно определить соответствующие показатели надежности.

Вероятности P_{000} и $P_{00П}$ будут (опуская промежуточные выкладки):

$$P_{000} = \left[1 + \frac{\lambda_{\Sigma}}{\eta_{\Sigma}} + \frac{\lambda_3}{\mu_3} + \frac{\lambda_1}{\mu} \cdot \left(1 + \frac{\lambda_{П}}{\mu_{П}} + \frac{\lambda_{\Sigma}}{\lambda_{\Sigma}} \right) + \frac{\lambda_{П}}{\mu_{П}} \cdot \left(1 + \frac{\lambda_{\Sigma}}{\eta_{\Sigma}} \right) \right]^{-1} \quad (2)$$

$$P_{00П} = \frac{\lambda_{П}}{\mu_{П}} \cdot P_{000} \quad (3)$$

Соответственно производительность скважины в режиме самоистечения, определяемая по критериям надежности функционирования технологической линии ПГК-НПУ-ПВУ будет:

$$q_{\Sigma} = P_{000} \cdot q_{\Sigma} + P_{00П} \cdot q_{П} \quad (4)$$

где q_{Σ} и $q_{П}$ – дебит скважины соответственно при полном и частичном функционировании технологической линии, м³/мин.

Расчетную производительность скважины в режиме самоистечения с учетом критериев надежности в условиях шахты имени Ленина (скв. №№ 15-22) и шахты "Казахстанская" (№№ 23-25) нетрудно определить по формулам (2), (3) и (4). В таблице приведены ряд расчетных данных по параметрам скважин № 15 - 25, принятым в проектных решениях при утилизации метана.

Как видно из данных таблицы, режиме самоистечения при технологии извлечения метана из скважин за период опытно-экспериментальных работ с

июня 2000 по июль 2001 в условиях шахт имени Ленина и "Казахстанская" из пласта d_6 дебит метана по отдельным скважинам составлял 0,5-0,9 м³/мин при кондиции 82-92%. При данных условиях основные параметры технологии извлечения – производительность скважины и кондиции, контур питания до 170-200 м и др. – вполне обеспечивают эффективность использования метана в металлургическом производстве, а также в качестве сырья для химического производства.

Достаточно высокий уровень надежности в целом системы ПГК-НПУ-ПВУ подтверждает высокую достоверность проведенных теоретических и экспериментальных исследований в направлении интенсификации процессов газоотдачи и газовыделения по пласту d_6 по основным параметрам технологии, а именно прогнозируемому дебиту метана, концентрации до 90 %, контура питания от 120 до 180 м, расходу воды и сжатого воздуха и пр.

Таблица 1

Шахты	Скважины	Концентрации, %	Интенсивности отказов 1/г		Надежность		Q _{CH₄} , м ³ /сут
			λ_1	λ_{II}	P ₀₀₀	P _{00П}	
Им. В.И. Ленина	№15	87	0,04	0,011	0,768	0,768	2130
	№16	65	0,05	0,010	0,780	0,009	1906
	№18	82	0,03	0,016	0,80	0,01	926
	№19	71	0,04	0,011	0,77	0,01	1010
	№20	72	0,04	0,012	0,77	0,01	1010
	№17	89	0,04	0,011	0,768	0,768	2130
	№21	86	0,05	0,010	0,78	0,009	1906
	№22	91	0,03	0,016	0,80	0,01	926
Казахстанская	№23	92	0,04	0,012	0,77	0,01	1906
	№24	93	0,04	0,012	0,77	0,01	1906
	№25	92	0,05	0,010	0,78	0,009	1960

Экспериментальные исследования при опытно-промышленных и полевых испытаниях ГРП по пласту d_6 показывают о существенном влиянии на интенсивность отказов ПГК макроструктурных свойств массива, а именно, прочностных характеристик, содержащихся в угле аргиллитово-глинистых прослоек, образующихся макротрещин и пор. Экспериментальными исследованиями установлены зависимости интенсивности отказов газового коллектора λ_1 от объема выносимых из пласта аргиллитово-глинистых частиц во

флюидах в виде шлама и мелких фракций. Также установлены зависимости λ_1 по пласту d_6 от размеров макротрещин.

Влияние фактора надежности на основные параметры надежности технологии извлечения и добычи газа метана (дебит и кондиции извлекаемого метана) весьма значительны. Общая продолжительность перерывов поступления из скважины по различным причинам (аварии оборудования, отказы в скважинах, а также в коллекторах, технических средств и прочее), т.е. суммарное время восстановления работоспособности и исправности в реальных условиях функционирования технологической системы доходит до 46-57% от общей длительности рабочего времени.

УДК 502:622.411

А.Г. Шапарь, П.И. Копач, Н.А. Емец,
Институт проблем природопользования и
экологии НАН Украины, г. Днепропетровск

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ ШАХТНОГО МЕТАНА

Висвітлено екологічні, технологічні й організаційні аспекти, пов'язані з виділенням метану при підземному видобутку вугілля. Проблема метану розглянута з погляду зміни клімату на планеті і міжнародних зобов'язаннях України в вирішенні глобальних екологічних проблем.

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE MINE METHANE UTILIZATION

Ecological, technological and managerial aspects as regard to the methane emission during the underground coal production are presented. The methane problem is analyzed from the point of view of the planet climate changes and international commitments of Ukraine in solving the global ecological problems.

История развития цивилизации показывает, что рост могущества человечества ведет к увеличению отрицательных для природы и, в конечном счете, опасных для существования человека последствий его деятельности. Значение этих последствий только сейчас начинает осознаваться обществом. Если раньше человечество испытывало локальные и региональные экологические кризисы, которые приводили к гибели отдельных общностей людей или цивилизаций, но не препятствовали прогрессу человечества в целом, то теперь человек разрушает механизмы целостного функционирования биосферы в планетарном масштабе.