

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.235:658.382.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И УСЛОВИЙ РАЦИОНАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В РУКАВАХ

В. С. Прокопенко, канд. техн. наук (ЗАО «Техновзрыв»)

На основі розв'язку задачі про динаміку формування свердловинних зарядів вибухових речовин у полімерних рукавах побудовані діаграми можливих режимів неперервного завантаження свердловин, які забезпечують для типових співвідношень радіусів тіл-рукавів із вибухових речовин і свердловин оперативний вибір режиму завантаження вертикальних і похилих свердловин з різними значеннями сумарного коефіцієнта фільтрації.

Из анализа решения задачи по динамике формирования скважинных зарядов взрывчатых веществ (ВВ) [1] следует, что проблема непрерывной загрузки скважины сыпучими ВВ сравнительно просто может быть решена только в случае отсутствия воды в скважине. Практически это достигается путем изменения расхода ВВ Q , а именно: чем глубже скважина, тем меньше расход ВВ, обеспечивающий выполнение ограничений по скорости удара тела о дно, величине силы торможения и углу наклона скважины α . Для практического применения необходимо на основании разработанной модели построить зависимости для скорости тела в момент удара о дно от глубины скважины при заданной комбинации радиусов заряда R_1 и скважины R_2 . На основании представленных зависимостей можно выбирать необходимые параметры Q и α для заданных R_1 и R_2 , величины разрывающей пленочный рукав силы $F_{\delta_{кр}}$ и прочностных характеристик самого тела-рукава. Последние две характеристики определяются максимально допустимой скоростью движения тела, которая всегда достигается на дне скважины.

Из анализа результатов математического моделирования, выполненного для всего диапазона заданных определяющих параметров, следует, что в случае скважины, частично заполненной водой, невозможно обеспечить режим непрерывной загрузки скважины для любой ее глубины и при любом расположении уровня грунтовых вод. В связи с этим возникает задача выбора оптимального режима для полной загрузки скважины. Единственно возможным путем решения этой проблемной задачи состоит в организации процесса загрузки таким образом, чтобы параметры задачи всегда соответствовали режиму «пересыпки», когда верхний торец тела-рукава располагается на уровне дневной поверхности земли. Из результатов расчетов следует, что эта задача может быть решена путем выбора таких параметров, которые соответствуют попаданию точек на кривых зависимости длины максимального

положения z_m от суммарного коэффициента фильтрации a_ϕ (при заданном Q) левее расположения пиковой точки.

Характерной особенностью полученных зависимостей z_m от a_ϕ является смещение пиковой точки кривой в сторону меньших значений a_ϕ при уменьшении расхода Q . Это свойство является полезным при выборе наиболее подходящего (желательно максимального) расхода Q при заданном a_ϕ .

Чисто физические соображения позволяют сделать также следующую рекомендацию по организации загрузки скважин ВВ. Нужно выбирать Q так, чтобы режим загрузки по возможности соответствовал большему удалению влево от пиковой точки кривой $z_m(a_\phi)$. Это обусловлено тем, что с удалением влево от этой точки в момент достижения состояния «пересыпки» увеличивается величина превышения уровня ВВ над уровнем воды в скважине. Если учесть, как следует из результатов расчетов, что скорость заполнения тела-рукава водой составляет величину порядка 0,1 м/с и такой же порядок имеет скорость погружения тела, то в зависимости от величины упомянутого превышения можно прогнозировать длительность интервала времени прерывания засыпки ВВ. Если величина превышения больше метра, то процесс засыпки нужно приостановить на время порядка 10 с. Если превышение уровня ВВ над уровнем подъема воды составляет сантиметры (до десяти сантиметров), то интервал прерывания засыпки должен быть в пределах секунды, что, естественно, трудно реализовать. А правильность выбора интервала прерывания загрузки существенным образом влияет на возможность недопущения ситуации с «переливом», то есть заплескиванием тела-рукава водой.

Полученные результаты свидетельствуют о важности правильного задания величины суммарного коэффициента фильтрации a_ϕ . Реализация таких необходимых параметров задачи, как расход Q , угол наклона скважины α , стартовая масса тела m_0 и, соответственно, параметры силы торможения, а также радиусы R_1 и R_2 , обеспечивается организацией соответствующей технологии процесса, необходимой для решения поставленной задачи.

Основное количество численных экспериментов было выполнено для величины стартовой массы $m_0 = 25$ кг. В результате специально проведенных численных реализаций удалось подобрать параметры силы торможения (таблица):

$$F_s = a[1 - bU^{1/2}(c - U)]. \quad (1)$$

Значения параметров a , b и c зависимости (1)

$m_0 = 25$ кг			
a		b	c
$\alpha = 0,0175$	$\alpha = 0,35$	7	0,08
243	192		

С целью недопущения разрыва плечного рукава величина F_{δ} не должна превышать некоторые критические значения $F_{\delta \text{кр}}$, то есть

$$F_{\delta} \leq F_{\delta \text{кр}}. \quad (2)$$

На рис. 1 приведен характер изменения силы F_{δ} в зависимости от скорости движения тела в случае угла наклона скважины $\alpha = 0,0175$ с учетом ограничения (2). Аналогичная кривая может быть построена для любого значения угла α .

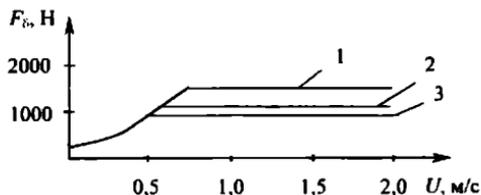


Рис. 1. Зависимость силы торможения F_{δ} от скорости движения тела при: $a = 243$; $b = 7$; $c = 0,08$; $\alpha = 0,0175$; 1 — $F_{\delta \text{кр}} = 1415$ Н; 2 — $F_{\delta \text{кр}} = 1070$ Н; 3 — $F_{\delta \text{кр}} = 980$ Н

С целью практического использования при выборе режима (основных параметров) загрузки на основании разработанной математической модели были построены девять диаграмм возможных реализаций режимов загрузки. Рассмотрены три варианта скважин, частично заполненных водой, с заданным углом α , глубиной H и соответственно с радиусами плечного тела-рукава R_1 и скважины R_2 : 1) $H = 20$ м; $R_1 = 0,1$ м; $R_2 = 0,125$ м; $\alpha = 0,0175$; 2) $H = 20$ м; $R_1 = 0,09$ м; $R_2 = 0,11$ м; $\alpha = 0,35$; 3) $H = 40$ м; $R_1 = 0,09$ м; $R_2 = 0,11$ м; $\alpha = 0,35$.

Для каждого из приведенных вариантов построены три диаграммы состояния, каждая из которых соответствует определенному значению суммарного коэффициента фильтрации a_{ϕ} . Эти три значения a_{ϕ} взяты из диапазона возможных его значений: $a_{\phi} = 0,01$ с⁻¹; $a_{\phi} = 0,025$ с⁻¹; $a_{\phi} = 0,04$ с⁻¹. Все расчеты выполнены для $m_0 = 25$ кг; $K_{\phi}^* = 10^{-5}$ с⁻¹ (K_{ϕ}^* равняется коэффициенту фильтрации, деленному на длину участка фильтрации) и значений a , b и c , приведенных в таблице.

Примеры полученных диаграмм возможных реализаций режимов загрузки представлены на рис. 2-5. Диаграммы строились в координатах Q и H_w (H_w — толщина водного слоя в скважине). При их построении наложены ограничения по минимально используемому расходу $Q = 2$ и максимально допустимой величине скорости погружения тела $U_m = 4$ м/с (кривая, обозначенная Q_w). Все комбинации Q и H_w выше кривой Q_w соответствуют ситуациям, когда скорость тела в момент контакта с водой превышает значение 4 м/с.

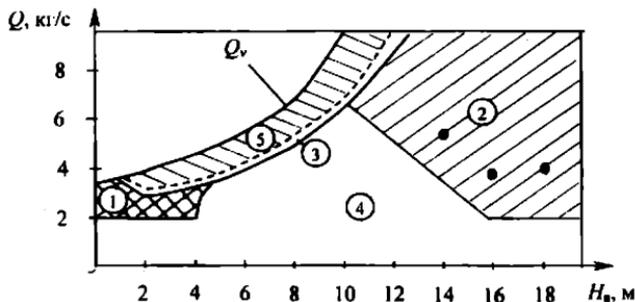


Рис. 2. Диаграмма состояния $Q-H_b$ процесса загрузки скважины при: $H = 20$ м; $R_1 = 0,1$; $R_2 = 0,125$; $\alpha = 0,0175$; $L_0 = 0,88$ м (L_0 – длина тела-рукава с сухим ВВ); $a = 243$; $b = 7$; $c = 0,08$; $m_0 = 25$ кг; $K_{\phi}^* = 0,00001$ с $^{-1}$; $a_{\phi} = 0,01$ с $^{-1}$; Q_v – поверхность граничных значений Q ; ● – натуральный эксперимент

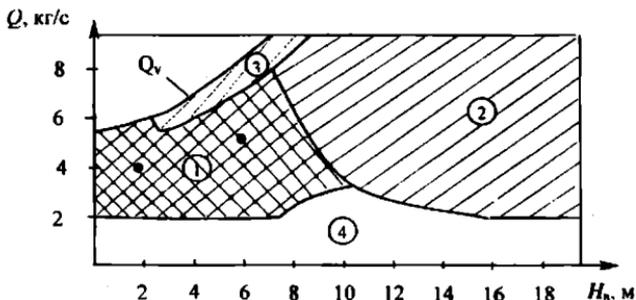


Рис. 3. Диаграмма состояния $Q-H_b$ процесса загрузки скважины при: $H = 20$ м; $R_1 = 0,09$ м; $R_2 = 0,11$ м; $m_0 = 25$ кг; $\alpha = 0,35$; $L_0 = 1,08$ м; $a = 192$; $b = 7$; $c = 0,08$; $K_{\phi}^* = 0,00001$ с $^{-1}$; $a_{\phi} = 0,01$ с $^{-1}$; Q_v – поверхность граничных значений Q ; ● – натуральный эксперимент

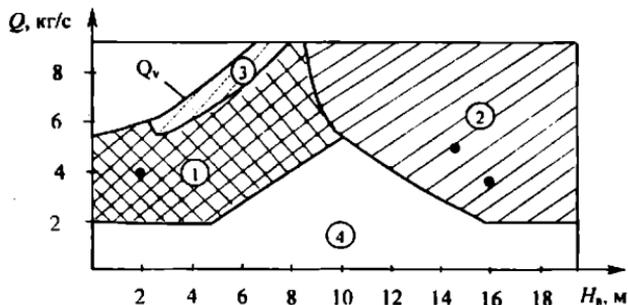


Рис. 4. Диаграмма состояния $Q-H_b$ процесса загрузки скважины при: $H = 20$ м; $R_1 = 0,09$ м; $R_2 = 0,11$ м; $m_0 = 25$ кг; $\alpha = 0,35$; $L_0 = 1,08$ м; $a = 192$; $b = 7$; $c = 0,08$; $K_{\phi}^* = 0,00001$ с $^{-1}$; $a_{\phi} = 0,025$ с $^{-1}$; Q_v – поверхность граничных значений Q ; ● – натуральный эксперимент

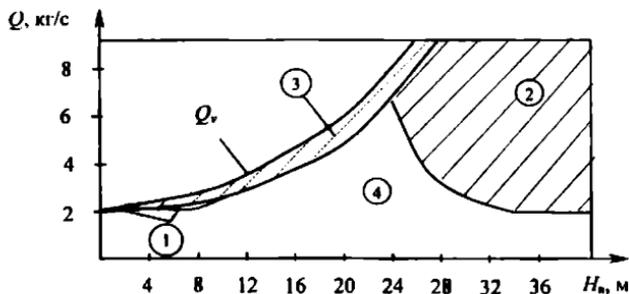


Рис. 5. Диаграмма состояния $Q-H$, процесса загрузки скважины при: $H = 40$ м; $R_1 = 0,09$ м; $R_2 = 0,11$ м; $m_0 = 25$ кг; $\alpha = 0,35$; $L_0 = 1,08$ м; $a = 192$; $b = 7$; $c = 0,08$; $K_\phi^* = 0,00001$ с⁻¹; $\alpha_\phi = 0,01$ с⁻¹; Q_v – поверхность граничных значений Q

Анализ полученных диаграмм показывает, что существуют пять характерных областей, обозначенных цифрами от 1 до 5.

Область 1 соответствует ситуации, когда для заданных Q и H , реализуется полная загрузка всей глубины скважины в режиме непрерывной засыпки. В данном случае тело с ВВ достигает дна в режиме, когда уровень воды в скважине ниже уровня засыпки ВВ в теле. После остановки тела режим засыпки скважины продолжается в прежнем режиме. Размеры области 1 существенно увеличиваются при увеличении угла наклона скважины α .

Область 2 соответствует режимам, когда в процессе загрузки скважины наступает момент «пересыпки», когда $H_{ВВ} \geq z$, то есть верхний торец теларукава оказывается на уровне поверхности грунта. В этом случае нужно на некоторое время прекратить процесс загрузки, а затем снова его возобновить до следующего выполнения условия $H_{ВВ} \geq z$. Учитывая, что с течением времени после прохождения минимума скорости погружения в воде эта величина возрастает, величину Q можно даже несколько увеличить. Область 2, как следует из диаграмм, наибольшая, и именно она соответствует наиболее часто встречающимся ситуациям, когда уровень грунтовых вод находится на глубине от 3 до 15 м.

Область 3 соответствует режимам погружения, когда под действием архимедовой силы тело останавливается и начинает всплывать. Такой режим нежелателен.

Область 4 соответствует режимам погружения, когда уровень воды в скважине поднимается выше верхнего торца тела. Под действием веса воды пленочное тело начинает схлопываться, при этом возможен перехлест пленки и закупорка скважины. Такой режим нежелателен.

Область 5 соответствует ситуациям, когда в самом начале входа теларукава в воду происходит заплескивание тела водой из-за большой начальной скорости входа в воду. Такой режим тоже нежелателен.

Анализ построенных диаграмм показывает, что положение и размеры

областей 1–5 существенно зависят от параметров a_ϕ и α . Увеличение коэффициента a_ϕ приводит к уменьшению областей 1 и 2, соответствующих приемлемым режимам загрузки скважины, в то время как увеличение угла α существенно увеличивает размеры этих областей. Так, для $H = 20$ м получено, что при $\alpha = 0,35$ режим полной непрерывной загрузки скважины реализуется для всех значений a_ϕ в диапазоне $0 \leq H_n \leq 10$ м. В диапазоне же $10 < H_n \leq 20$ м возможна реализация загрузки в режиме с «пересыпом», то есть с остановками (рис. 3–4). Для той же глубины H ситуация существенно ухудшается при $\alpha = 0,0175$. При $a_\phi = 0,01$ с⁻¹ (рис. 2) полная непрерывная загрузка возможна только при $0 \leq H_n \leq 5$ м, а загрузка с остановками (режим с «пересыпом») возможна только для $10 \leq H_n \leq 20$ м. Если же $a_\phi = 0,04$ с⁻¹, то загрузка скважины возможна только при $0 \leq H_n \leq 3,5$ м и при $14 \leq H_n \leq 20$ м (диаграмма не приведена).

Возможность непрерывной загрузки скважин ухудшается для больших глубин H . Как видно из диаграммы на рис. 5, при $H = 40$ м даже для $\alpha = 0,35$ область 1 крайне незначительна и включает значения Q , близкие к 2 кг/с для $0 \leq H_n \leq 2$ м и $3 \leq H_n \leq 4,5$ м. Область 2 в этом случае ограничена для H_n диапазоном $24,5 \leq H_n \leq 40$ м для $a_\phi = 0,01$ с⁻¹, $27,7 \leq H_n \leq 40$ м для $a_\phi = 0,025$ с⁻¹ и $30 \leq H_n \leq 40$ м для $a_\phi = 0,04$ с⁻¹. Для меньших значений a возможности непрерывной загрузки скважин при $H = 40$ м еще больше ухудшаются.

Для проверки практической применимости представленных диаграмм были использованы данные измерений, выполненных при проведении промышленных взрывов на карьере ДнРУ ОАО «Полтавский ГОК». При этом использовались величины приведенного коэффициента фильтрации a_ϕ воды внутрь пленочного тела–рукава, полученные экспериментальным путем в лабораторных условиях.

На рис. 2 на диаграмму нанесены точки, соответствующие случаю загрузки вертикальной скважины глубиной 20 м при загрузочном расходе ВВ 4 кг/с и 5 кг/с для соответствующей толщины слоев воды H_n (14, 16, 18 м). В процессе загрузки скважины режим был близким к состоянию «пересыпки». Эти точки попали в область 2, которая соответствует комбинации параметров, благоприятных для оптимального формирования заряда в режиме «пересыпки».

На рис. 3 и 4 нанесены данные реального загрузочного процесса для наклонной скважины с $\alpha = 20^\circ$. В этом режиме загрузки, более благоприятном для формирования скважинных зарядов, натурные данные соответствовали как области 2 диаграммы, так и области 1 с наиболее благоприятными условиями зарядания.

Как видно, измерения, выполненные при проведении эффективных промышленных взрывов, соответствуют полученным в работе прогнозным диаграммам.

В ситуациях, когда для заданных H , H_n и α невозможно обеспечить

непрерывную загрузку скважины в пределах допустимых значений α_* , решение этой проблемной задачи возможно следующими способами:

- а) использованием дискретно-порционного способа загрузки скважины с периодическим опусканием в скважину тел-рукавов конечной длины с ВВ;
- б) доливанием в скважину воды до необходимого уровня, обеспечивающего попадание на диаграмме состояния в нужную область 1 или 2;
- в) применением комбинированного подхода с использованием в начальной стадии дискретно-порционной загрузки скважины до некоторой глубины, а затем с использованием непрерывной загрузки.

1. В. С. Прокопенко. Динаміка формування свердловинних зарядів вибухових речовин у полімерних оболонках // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", серія "Гірництво": Збірник наукових праць. – Київ: НТУУ "КПІ": ЗАТ "Технових", 1999. – Вип. 1. – С. 52–67.

УДК 622.235

ВЛИЯНИЕ СПИРАЛЬНОГО ИНИЦИАТОРА НА ПАРАМЕТРЫ ДЕТОНАЦИИ ЗАРЯДОВ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

В. Д. Воробьев, докт. техн. наук, А. М. Масюкевич, канд. физ.-мат. наук (НННИОТ), В. Л. Демещук, инж. (ИГМ НАН Украины)

Наведено раціональні параметри спірального ініціатора, що обумовлюють його вплив на зміну енергії, тиску та імпульсу вибуху в свердловині. Показано можливість регулювання напрямку фронту детонаційної хвилі при падінні її на стінку зарядної камери в процесі детонації заряду вибухової речовини і, тим самим, енергії вибуху при дробленні гірських порід.

Качество взрывного дробления скальных пород, характеризующееся заданным гранулометрическим составом горной массы, зависит от механизма разрушения и определяется физико-механическими свойствами разрушаемых горных пород, параметрами взрывного импульса и условиями взрывания [1]. Среди этих факторов параметры импульса взрыва являются определяющими.

Для обеспечения максимальной эффективности взрыва необходимо создать условия полной реализации энергетических возможностей на работу расширения полости [2]. Поэтому параметры импульса взрыва должны соответствовать строению и свойствам горного массива. Такое соответствие обеспечивается соотношением характеристических импедансов взрывчатого вещества (ВВ) и пород, обуславливающим полноту передачи общей энергии E_0 в разрушаемый массив горных пород. При этом величина этой энергии