

УДК 622.243

А. А. Кожевников¹, докт. техн. наук, **И. И. Мартыненко**², канд. техн. наук

¹НГУ, г. Днепрпетровск, Украина

²Государственная геологическая служба, г. Киев, Украина

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА БУРЕНИЯ

In article the technique of a choice of parameters of a mode of drilling on a maximum of trip speed is resulted. The choice of parameters is carried out at carrying out of skilled drilling with cyclic change of parameter inside flight.

Постановка задачи

Оптимизировать процесс бурения можно по различным критериям в зависимости от целей оптимизации. Для достижения максимальной производительности необходимо минимизировать время на проходку скважины, включающее время бурения и время на спуско-подъемные и другие сопутствующие рейсу операции. В этом случае для нестационарного процесса бурения критерий оптимизации – рейсовая скорость бурения. Необходимо определить оптимальное значение рейсовой скорости, достигаемое при конкретном сочетании параметров бурения. Основными параметрами, оказывающими существенное влияние на эффективность процесса бурения, являются осевая нагрузка F , число оборотов инструмента n и количество подаваемой на забой промывочной жидкости Q . Задача отыскания экстремума рейсовой скорости как функции нескольких переменных – F , n и Q и времени t – является сложной. Для упрощения задачи для данных условий принимаем наилучшие F и Q . Таким образом, задача сводится к расчету максимальной рейсовой скорости бурения Π как функции n и t .

Целью данной статьи является изложение методики определения максимумов рейсовой скорости бурения при циклическом внутрирейсовом изменении числа оборотов в минуту. Первым основным отличием предлагаемой методики от известных, в которых также циклически изменяется число оборотов внутри рейса, является использование в качестве критерия оптимизации рейсовой скорости бурения, а не механической скорости. Следующим отличием является исследование критерия оптимизации рейсовой скорости бурения как функции во времени, а не разовое определение численного значения критерия – средней механической скорости. Далее предлагается время бурения на каждом режиме как переменное в зависимости от числа оборотов в минуту, а не постоянное.

Общая схема выбора n , и t

Выбор n , и t , для данных условий (порода, глубина скважины, тип породоразрушающего инструмента) осуществляется по экспериментальным данным с использованием необходимой информации, получаемой непосредственно на буровой и обрабатываемой определенным образом для конкретных геолого-технических условий. Эти работы проводят периодически, а не в каждом рейсе.

Методика включает работы, проводимые по следующей схеме:

1. Опытное бурение (с изменением числа оборотов в минуту внутри рейса).
2. Хронометраж процесса бурения (с регистрацией необходимой информации).
3. Расчет и построение графиков $L=f(t)$ и $\Pi=f(t)$ для различных n . Графики строить необязательно. Данные можно представить в виде таблиц.
4. Анализ полученных зависимостей и выдача рекомендаций.

Опытное бурение

Бурение осуществляется при различных значениях числа оборотов, например, n_1 , n_2 и n_3 , последовательно изменяемых определенным образом в одном рейсе. Бурение на «элементарных» режимах n_i объединяется в режимный цикл, в котором в начале n возрастает (прямой цикл), а затем убывает (обратный цикл). Прямой и обратный цикл образует полный режимный цикл. Таких полных режимных циклов в рейсе должно быть целое число. Изменение числа оборотов сначала в возрастающем, а затем в убывающем порядке должно сглаживать влияние нестационарности процесса из-за износа резцов, гидравлического подпора, неоднородности свойств породы и других неучтенных факторов на получаемую в процессе бурения информацию (рис. 1).

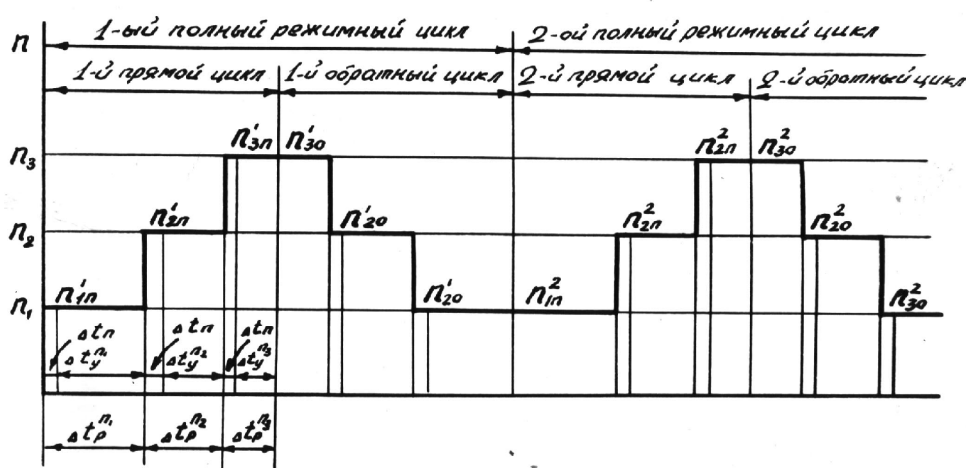


Рис. 1. Изменение числа оборотов в минуту внутри рейса.

При бурении однородных пород изменение n можно осуществлять только по одному циклу, например, прямому.

Расшифровка числа оборотов осуществляется следующим образом. Например, n_{30}^2 – число оборотов n_3 в обратном цикле 2-го полного режим цикла.

Время бурения в каждом элементарном режиме Δt_p^{ni} постоянно при одинаковом значении числа оборотов. При различных значениях n Δt_p^{ni} различно. Δt_p^{ni} состоит из Δt_n и Δt_y^{ni} , где Δt_n – время бурения, при котором происходит переходный процесс, обусловленный изменением числа оборотов.

По литературным данным Δt_n для разных условий бурения составляет 1-3 мин. Δt_y^{ni} – время бурения на установившемся режиме бурения. Оно зависит от числа оборотов инструмента в минуту и подбирается таким, чтобы работа сил трения ΔA_{ni} на элементарных режимах за время бурения Δt_y^{ni} была постоянной, т. е. при постоянном F нужно, чтобы произведение $n_i \cdot \Delta t_y^{ni}$ было постоянным.

Следовательно,

$$\Delta t_y^i = \frac{a}{n_i}, \quad (1)$$

где a – постоянная величина.

Величина Δt_y^{ni} должна подбираться для получения большего числа полных режимных циклов. Если $\Delta t_y^{ni} \gg \Delta t_n$, то выделять отдельно Δt_n не рекомендуется; можно включить величину Δt_n в величину Δt_y^{ni} , что упростит ведение хронометража. При бурении малоабразивных пород будет частный случай методики – циклы только прямые и $\Delta t_y = \text{const}$.

Хронометраж процесса бурения

При хронометраже регистрируется следующая информация:

- номер полного режима цикла;
- характер режимного цикла (прямой, обратный);
- число оборотов инструмента в минуту на каждом элементарном режиме n_i ;
- время бурения $\Delta t_{пi}$;
- время бурения Δt_{p}^{ni} ;
- проходка за время $\Delta t_{пi}$;
- проходка за время Δt_y^{ni} .

Кроме того, регистрируются остальные режимные параметры, неизменяемые при бурении.

Расчет и построение графиков $L=f(t)$ и $\Pi=f(t)$

На основе хронометражных данных выполняется расчет и построение графиков $L=f(t)$ для различных n (рис. 2).

В каждом полном режимном цикле рассчитывается средняя проходка $\Delta L_y^{n_i^j}$ для каждого n с учетом прямого и обратного циклов

$$\overline{\Delta L}_y^{ni} = \frac{\Delta L_y^{ni^j} + \Delta L_y^{ni^0}}{2}. \quad (2)$$

К проходке и времени предыдущего полного режимного цикла прибавляется проходка и время последующего цикла и т. д.

$$\overline{\Delta L}_y^{n_1^1} + \overline{\Delta L}_y^{n_2^2} + \dots + \overline{\Delta L}_y^{n_i^i}, \quad (3)$$

$$\Delta t_y^{n_1^1} + \Delta t_y^{n_2^2} + \dots + \Delta t_y^{n_i^i}. \quad (4)$$

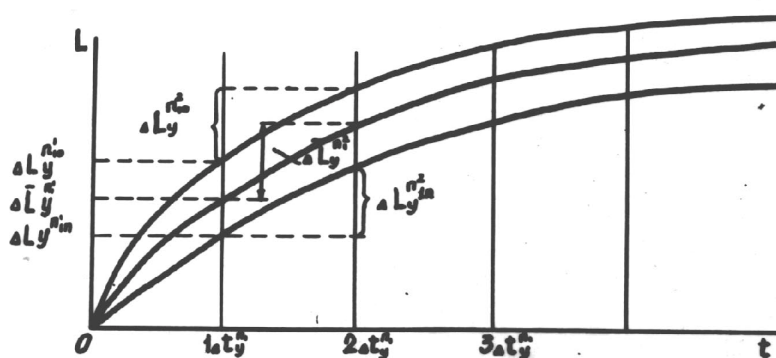


Рис. 2. График $L=f(t)$ для числа оборотов n .

По этим данным строят графики $L=f(t)$ для равных n .

Для того чтобы данные были достоверными, необходимо провести несколько рейсов.

По данным L , t и $t_{сп}$ рассчитывают данные и строят графики $\Pi=f_1(t)$ для разных n .

Анализ полученных зависимостей и разработка рекомендаций

Для проведения анализа необходимо, чтобы $k-1$ кривых $\Pi=f_1(t)$ достигли Π_0 , где k – число значений n . Если Π_0 не достигнуто в большем числе кривых, то нужно эти кривые сконструировать, определив по опытным данным уравнение регрессии рейсовой скорости бурения.

В итоге могут получиться различные расположения кривых $\Pi=f_1(t)$ и различные сочетания Π_3 и t_3 для разных n ; варианты такого расположения и сочетания представлены на рис. 3.

Исходя из цели оптимизации процесса бурения (повышение производительности) наилучшими значениями n и t будут такие, которые обеспечивают максимум Π_3 . Это справедливо для графиков *a, в, г, д* на рис. 3.

В случае равенства Π_3 (см. рис. 3, *б*) можно выбирать любой из сравниваемых режимов. В данном случае представляется возможным учитывать при выборе режима состояние оборудования и инструмента.

В случае выбора режима с числом n_1 проходка за рейс будет меньше, чем при n_2 .

$$|L|_{13} = \Pi_{13}t_{13} + \Pi_{13}t_{cn}, \quad (5)$$

$$|L|_{23} = \Pi_{23}t_{23} + \Pi_{23}t_{cn}, \quad (6)$$

$$|L|_{23} > |L|_{13}, \text{ т.к. } \Pi_{13} \approx \Pi_{23}, \quad (7)$$

a

$t_{23} > t_{13}$.

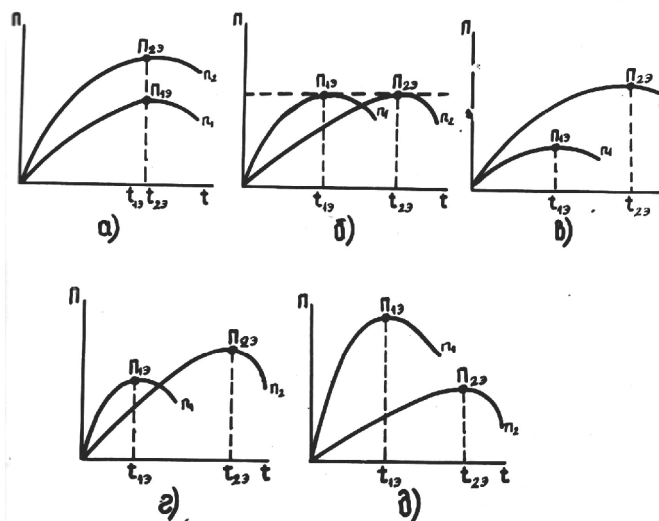


Рис. 3. График $\Pi=f_1(t)$ для разных n .

Это приведет при n_1 к увеличению времени всех спускоподъемных операций и большей нагрузке лебедки. При n_2 лебедка будет нагружена меньше, а вращатель больше.

Выводы

В результате выполненных работ получены следующие результаты:

1. Предложена методика выбора параметров режима бурения при их циклическом внутрирейсовом изменении с использованием критерия оптимизации – максимум рейсовой скорости бурения.
2. Разработанная методика выбора режима бурения пригодна для любого породоразрушающего инструмента и способа бурения, при которых рейсовая скорость как функция времени бурения имеет максимум.

Поступила 17.07.2006 г.