

УДК 622.24

В. П. Оницин, д-р техн. наук, **В. А. Меркулова**, канд. техн. наук¹; **А. К. Хамидуллин**²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург, Россия

²Горнопромышленная группа «ЭЗТАБ», г. Санкт-Петербург, Россия

К ПРОБЛЕМЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ВЫРЕЗКИ ОКОН В ОБСАЖЕННЫХ СТВОЛАХ СКВАЖИН

Изложены направления по повышению качества работ режущего инструмента (райберов), предназначенного для вырезки окон в обсадных колоннах.

Ключевые слова: райберы, фрезеры, обсадная колонна, вырезка окон.

Забуривание новых наклонно-направленных стволов скважин из ствола уже пробуренной скважины – трудоёмкая и сложная задача, в настоящее время широко применяемая при буровых работах, ввиду ее высокой эффективности.

Начальной стадией таких работ является вырезка окон в обсаженных (эксплуатационных) скважинах, которую осуществляют с помощью вырезающих устройств типа УВ и УВУ, фрезеров-райберов ФРС, райберов РПМ и РУ, комбинированных райберов, фрезеров колонных конических ФКК трех видов с углами при вершине 15, 30 и 60° и др. (довольно полно описаны в [1; 2] с указанием не только типоразмеров инструмента, но и основных технологических параметров вырезки, таких как осевая нагрузка, частота вращения, расход промывочной жидкости).

Тем не менее, без учёта прочностных характеристик сталей обсадных труб, непосредственно райберов, углов и глубин резания, подачи режущего инструмента – невозможно в полной мере оптимизировать процесс вырезки окон, а выполнение только одной указанной операции требует как минимум райберов трех типоразмеров.

По нашему мнению совершенствование операций по вырезке окон в обсадной колонне должно быть направлено прежде всего на определение оптимальной скорости резания райберами различных типов в зависимости от глубины резания, подачи резцов, твердости стали обсадной колонны и самих резцов, времени их работы до затупления. Наиболее наглядно подобные зависимости определяют с помощью диаграмм.

Методика построения подобных диаграмм (рис. 1) для резцов из быстрорежущей стали при обтачивании сталей с различным сопротивлением разрыву и твердостью при работе без охлаждения резца в течение 60 мин приведена в [3] и может использоваться при обработке данных о режимах забуривания окон в обсадных колоннах различной группой прочности стали, технической характеристики райберов, подачи и глубины резания.

По оси абсцисс диаграммы (рис. 1) отложено сопротивление разрыву (внизу) и твердость по Бринеллю (наверху), по оси ординат – скорость резания при работе резца до затупления в течение 60 мин.

Скорость резания V согласно диаграмме определяется следующим образом. Например, для стали с $\sigma_p = 60 \text{ кг/мм}^2$ при глубине резания $t = 2 \text{ мм}$ и подаче $s = 2 \text{ мм}$ на диаграмме находится точка пересечения A (ход решения показан штриховыми линиями). Прослеживая проходящую через точку A наклонную прямую до пересечения её с вертикалью, соответствующей заданному сопротивлению σ_p , находим точку B . Проводя горизонтальную прямую из точки B до пересечения с осью ординат, находим точку C , соответствующую скорости резания.

Показанная на рис. 1 диаграмма составлена для угла установки резца $\varphi = 45^\circ$. Если $\varphi = 30^\circ$ то найденную по данной диаграмме скорость резания умножают на 1,26; если $\varphi = 60^\circ$, умножают на 0,8; при $\varphi = 90^\circ$ умножают на 0,66.

Помимо диаграмм существуют формулы, по которым можно определять скорость резания в зависимости от глубины резания и подачи. Однако использовать их неудобно из-за сложного вида. Упрощая зависимость для стали (формула Тейлора) имеет следующий вид:

$$V = \frac{C}{s^{0,53} \cdot t^{0,4}}, \quad (1)$$

где C – коэффициент (для мягкой стали $C = 120$, для стали средней твердости $C = 60$, для твердой стали $C = 30$).

Угол установки резца φ как угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и опорной поверхностью резца определяет стойкость режущей кромки и усилие, отгибающее предмет резания от резца. С одной стороны чем меньше φ , тем выше допустимая скорость резания или при заданной скорости резания дольше стойкость резца. С другой стороны, чем меньше φ , тем больше прогиб обрабатываемой детали. Учитывая, что при вскрытии обсадной колонны большого диаметра со значительной толщиной стенки в месте ее надежной цементации по наружному диаметру уменьшение φ допустимо и предпочтительно благодаря возможности использования высокой скорости резания, для

вскрытия тонкостенных обсадных колонн в местах ненадежного цементного кольца либо его полного отсутствия следует устанавливать в пределах $\varphi = 45 - 85^\circ$.

Усиление стойкости резца от уменьшения φ объясняется тем, что угол φ , подача s и глубина резания t определяют ширину b и толщину a стружки по зависимости:

$$b = \frac{t}{\sin \varphi}, \quad a = s \cdot \sin \varphi, \quad (2)$$

Очевидно, подобная информация необходима для любого режущего инструмента для вырезки окон.

Данные диаграммы показанная на рис. 1 иллюстрируют работу единичных резцов, а с учетом того, что большинство корпусов вырезающих устройств состоит из цилиндрических и конических частей, на которых по образующим или наклонным линиям в качестве резцов размещают твердосплавные вставки и в каждый конкретный момент работы райбера резцом следует считать количество вставок n , режущих стенку обсадной колонны.

При одной и той же подаче ($s = \text{const}$) скорость резания V и «жизнь» резца T будут функцией следующих параметров:

$$V, T = f(t, \sigma_p, \varphi, n, \alpha), \quad (3)$$

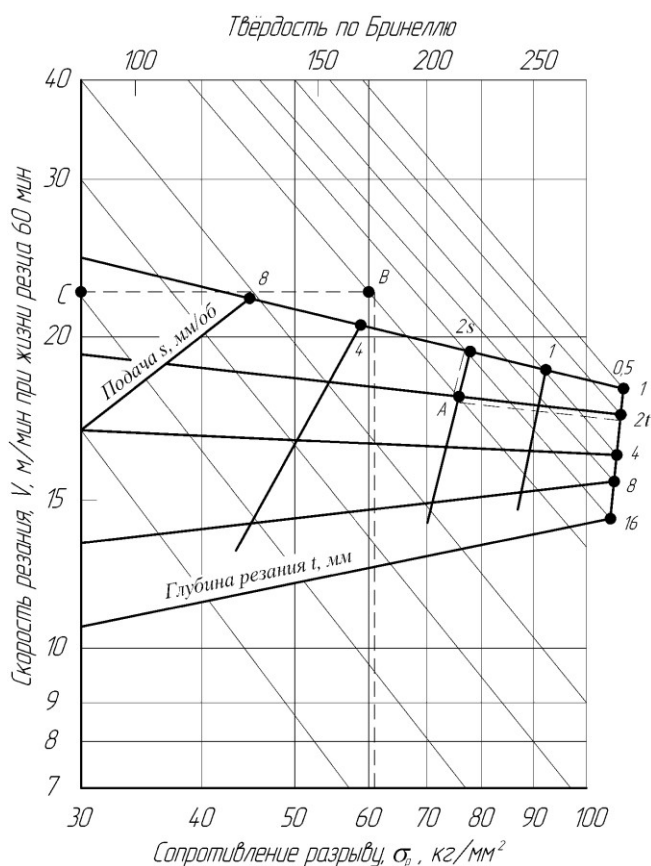


Рис. 1. Диаграмма для определения скорости резания для сталей различной твёрдости (где s – подача резца, мм/об; t – глубина резания, мм)

где α – угол клинового отклонителя, $\alpha = 1-3^\circ$.

Наиболее негативным последствием работ по вырезке окон является появление в скважине металлической стружки, требующей дополнительных затрат времени и средств для полного извлечения её из скважины, путём использования магнитных ловушек, гидравлических очистителей, либо закачкой в скважину цементного раствора, а затем разбуривания его вместе со стружкой.

Диаграмма изменения объема стружки ($\text{см}^3/\text{мин}$) при скорости резания V от изменения s и t по данным диаграммы, изображённой на рис. 1 показана на рис. 2. Из данных рис. 2 видно, что при увеличении подачи s увеличивается объем стружки лишь до $s = 2-3$ мм, в то время как при увеличении t постоянно увеличивается объем снятой стружки. На практике этот вывод следует использовать следующим образом: при большой глубине резания применять меньшее отношение $s : t$, чем при малой.

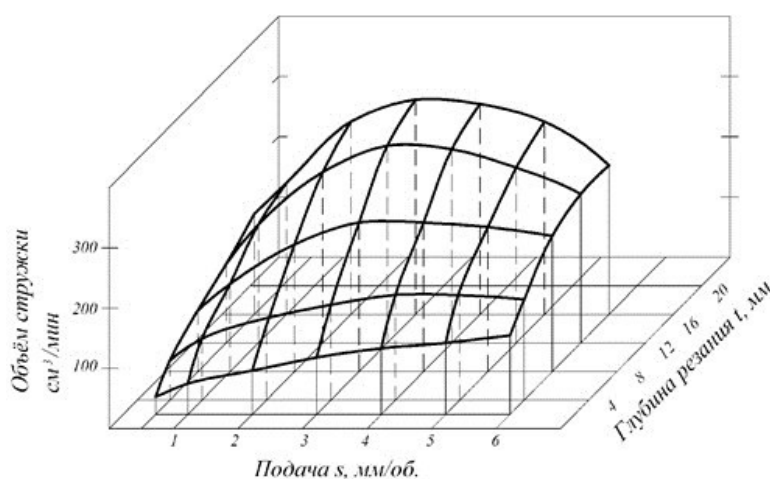


Рис. 2 Диаграмма зависимости объема стружки от подачи резца и глубины резания металла

Отсутствие данных о приведенных параметрах резания, а также нарушение технологических режимов приводят к получению окна неправильных размеров, что значительно осложняет дальнейшую результативность работы. Длина вырезаемого окна определяется [4] внутренним диаметром прорезаемой колонны $d_{\text{вн}}$, углом клинового отклонителя α , наибольшим D_1 и наименьшим D_2 диаметрами райбера (при использовании конических райберов), длиной райбера h :

$$l_{\text{окн.к}} = d_{\text{вн}} \cdot \text{ctg}\alpha - \frac{D_1 - D_2}{2 \sin \alpha} + \frac{h}{2} \quad (4)$$

При вырезке окна цилиндрическим райбером длина окна:

$$l_{\text{окн.ц}} = d_{\text{вн}} \cdot \text{ctg}\alpha - \frac{D}{2 \sin \alpha} + \frac{h}{2}, \quad (5)$$

где D – диаметр райбера.

Схема вырезки окна в обсадной колонне с $d_{\text{вн}} = 98$ мм (толщина стенки 8 мм) цилиндрическим райбером с $D = 94$ мм, $h = 150$ мм и $\alpha = 3^\circ$, построенная с использованием системы «Компас 3D», показана на рис. 3.

По формуле (5) рассчитали следующие параметры: длину окна $l_{\text{окн.ц}} = 910$ мм и полную длину вырезанной части $l_{\text{п.д.}} = 1250$ мм.

Зная параметры вырезанной части обсадной колонны, можно определить объем и массу металла, переведенного при вырезке окон в стружку, а следовательно, добиться наиболее качественной очистки забоя и ствола скважины путем сравнения массы стружки,

находящейся в скважине, с ее массой, извлеченной наиболее эффективными гидравлическими ловушками с ориентированным потоком промывочной жидкости.

В настоящей работе рассмотрены особенности взаимодействия резового инструмента при обработке стальных обсадных колонн без учета сопротивления затрубной среды. Однако в ряде случаев оно может быть существенным и для качественного завершения вырезки окон возможно изменение геометрии фрез и режимов резания.

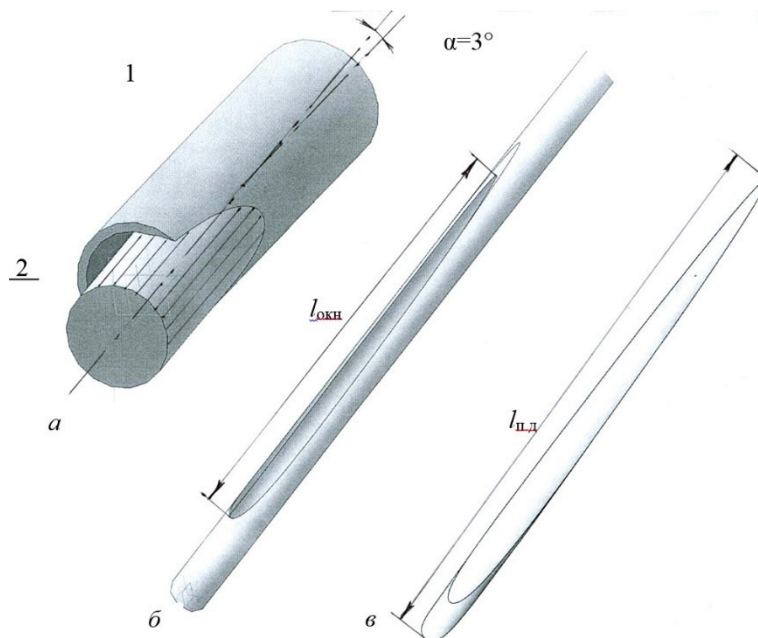


Рис. 3. Схема вырезки окна в обсадной колонне цилиндрическим райбером 1 – обсадная колонна; 2 – райбер; (направление вырезки показано стрелкой); а – общий вид взаимного положения обсадной колонны и райбера; б – общий вид обсадной трубы с вырезанным окном; в – общий вид вырезанной части

Викладено напрями щодо підвищення якості робіт ріжучого інструменту (райберів), призначеного для вирізки вікон у обсадних колонах.

Ключові слова: Райбери, фрезери, обсадна колона, вирізка вікон.

The ways are offered to improve the quality of operations of cutting tools (rubbers) applied for cutting doors in casing strings.

Key words: rubbers, milling cutter, casing string, cutting doors.

Литература

1. Б90. Буровые комплексы. Современные технологии и оборудование / Под общ. ред. А. М. Гусмана, К. П. Порожского. – Екатеринбург: УГГГА, 2002. – 592 с.
2. Нифонтов Ю. А., Клещенко И. И. Ремонт нефтяных и газовых скважин. Ч. I. – Под ред. д. техн. наук, чл.-корр. РАЕН, проф. Ю. А. Нифонтова. – С.-Пб.: Професионал, 2007.
3. Знаменский А. П. Справочник металлиста. Т. II. – М.: ОНТИ, ГосМашМетИздат, 1934.
4. Юртаев С. Л. Практический справочник бурового мастера. Справочное руководство для мастеров по бурению, освоению и испытанию нефтяных и газовых скважин. Т. I. – С.-Пб.: Професионал, 2011.

Поступила 03.07.13