



УДК 622.276.76

ПЛАНИРОВАНИЕ СРОКА ЗАВЕРШЕНИЯ ПОДГОТОВКИ НАГНЕТАТЕЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ К РЕМОНТУ

PLANNING OF COMPLETION DATE OF INJECTION WELL PREPARATION FOR WORKOVER

Рябуха Анатолий Васильевич

магистрант кафедры бурения нефтяных и газовых скважин,
Тюменский индустриальный университет
toxa-j@mail.ru

Шешукова Галина Николаевна

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры бурения нефтяных и газовых скважин,
Тюменский индустриальный университет
igsh.g@yandex.ru

Аннотация. Предложен подход к планированию продолжительности подготовки нагнетательной скважины к ремонту. Подход учитывает затраты на глушение скважин, объем добытой нефти в период остановки и стравливания нагнетательной скважины на основе фактических и прогнозных значений избыточных давлений.

Внедрение программного комплекса в информационные системы предприятия и получение оперативной промысловой информации повысит обоснованность определения срока начала глушения нагнетательных скважин.

Ключевые слова: нагнетательная скважина, остановка, стравливание, избыточное давление, жидкость глушения, стоимость, потеря нефти, дебит, плотность, прогноз.

Ryabukha Anatoly Vasilievich

Graduate Student of Oil and
Gas Drilling Departments,
Industrial University of Tyumen
toxa-j@mail.ru

Sheshukova Galina Nikolaevna

Ph.D., Associate Professor Oil and
Gas Drilling Departments,
Industrial University of Tyumen
igsh.g@yandex.ru

Annotation. An approach to planning of duration of injection well preparation for workover is proposed.

The approach takes into account the costs of well killing, the volume of oil losses during the shutdown and bleed of the injection well based on actual and forecast overpressure values.

The introduction of a software complex into the information systems of the enterprise and the receipt of operational field information will increase the validity of determining the timing of the start of killing of injection wells.

Keywords: injection well, shutdown, bleed, overpressure, kill fluid, cost, oil loss, production rate, density, forecast.

Для проведения текущих и капитальных ремонтов на нагнетательных скважинах осуществляется подготовка их к глушению, заключающаяся в снижении избыточного давления. При длительном простое нагнетательной скважины снижается дебит скважин окружения и увеличиваются потери нефти (количество недополученной нефти).

Увеличение потерь нефти происходит как при высоких дебитах скважин окружения, так и при низких дебитах с длительным простоем нагнетательной скважины. Раннее глушение нагнетательной скважины для проведения ремонта при высоком устьеовом избыточном давлении приводит к применению дорогостоящих утяжеленных жидкостей глушения.

Проведя анализ значений устьеового избыточного давления в процессе подготовки нагнетательных скважин к ремонту можно оценить характер его изменения от продолжительности простоя и стравливания. Имея текущие фактические замеры избыточного давления в начале остановки и стравливания нагнетательной скважины, можно получить прогнозную динамику его затухания при построении линии тренда.

На основе фактических данных суточного снижения дебита скважин окружения предлагается выполнять расчеты потерь нефти и стоимости жидкости глушения плотностью, необходимой для глушения скважины в зависимости от текущей величины избыточного давления.

Потери нефти в процессе остановки и стравливания избыточного давления в нагнетательной скважине предлагается определять относительно прогнозной накопленной добычи при эксплуатации с постоянным дебитом, равным его значению до остановки, определенным, например, как средний суммарный дебит скважин окружения за один месяц до остановки нагнетательной скважины.

За оптимальную продолжительность остановки и стравливания избыточного давления ($T_{\text{опт}}$, сут) в нагнетательной скважине предлагается принимать продолжительность, при которой сумма стоимостей жидкости глушения ($C_{\text{жг}}$, тыс. руб.) и недополученной нефти ($C_{\text{п.н.}}$, тыс. руб.) минимальная.

$$T_{\text{опт}} = \min(C_{\text{жг}} + C_{\text{п.н.}}). \quad (1)$$



По данной формуле в оперативном режиме по фактическим данным определить срок достижения минимума невозможно без проведения прогноза. Поэтому введен дополнительно срок (T_1 , сут.), когда достигается равенство (приближение) стоимостей жидкости глушения и недополученной нефти.

$$T_1 \cdot C_{жг} \approx C_{п.н.} \tag{2}$$

Для определения периода завершения подготовки скважины к ремонту при использовании данного подхода рекомендуется временной интервал, определенный по формулам (1) и (2).

Для реализации описанного подхода необходимо:

- рассчитать объем жидкости глушения на нагнетательную скважину;
- рассчитать суммарный средний дебит нефти скважин окружения перед остановкой нагнетательной скважины;
- использовать актуальные цены 1 т нефти на внутреннем рынке;
- использовать актуальные цены 1 м³ жидкости глушения, исходя из стоимости применяемых химических реагентов.

Оперативные исходные данные:

- величина избыточного давления с указанием даты замера (рекомендуется один раз в сутки или реже в зависимости от интенсивности его снижения);
- суммарный суточный дебит нефти по скважинам окружения в процессе подготовки нагнетательной скважины к ремонту.

Расчетные текущие значения параметров:

- плотность жидкости глушения;
- стоимость раствора жидкости глушения на глушение одной скважины необходимой плотности;
- накопленная добыча нефти за период подготовки нагнетательной скважины к ремонту;
- количество недополученной нефти;
- стоимость недополученной нефти;
- сумма стоимостей недополученной нефти и стоимости жидкости глушения;
- разность стоимостей недополученной нефти и жидкости глушения.

Расчет параметров осуществляется по формулам 3–14.

$$V_{ж.г.} = L \cdot \left(\frac{\pi D_{вн}^2}{4} \right) + Z, \tag{3}$$

- где $V_{ж.г.}$ – объем жидкости для глушения скважины, м³;
 L – глубина скважины по стволу, м;
 $D_{вн}$ – внутренний диаметр эксплуатационной колонны нагнетательной скважины, м;
 Z – запас жидкости глушения на долив скважины, м³.

$$D_{до\ ост.} = \sum_{i=1}^n q_{ср.i}, \tag{4}$$

- где $D_{до\ ост.}$ – суммарный средний дебит нефти скважин окружения до остановки нагнетательной скважины, т/сут;
 n – количество добывающих скважин окружения, выбранных для исследования (расчета), шт.;
 $q_{ср.i}$ – средний дебит i -ой скважины из окружения до остановки нагнетательной скважины, т/сут.

$$\rho_{ж.г.j} = \frac{(P_{yj} + P_{гст}) \cdot 1,1}{g \cdot H}, \tag{5}$$

$$P_{гст} = \rho_{в} \cdot g \cdot H, \tag{6}$$

- где $\rho_{ж.г.j}$ – плотность жидкости глушения, необходимая для глушения нагнетательной скважины на j -е сутки после ее остановки ($j = 1, \dots, k$), кг/м³;
 P_{yj} – устьевое избыточное давление на j -е сутки после остановки нагнетательной скважины, МПа;
 k – анализируемое количество суток после остановки нагнетательной скважины (точное значение известно после принятия решения о глушении скважины);
 $P_{гст}$ – гидростатическое давление в нагнетательной скважине, МПа;
 $\rho_{в}$ – плотность воды, кг/м³;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 H – глубина залегания пласта в нагнетательной скважине, м.

$$C_{ж.г.j} = C_{1\ м^3 j} \cdot V_{ж.г.j}, \tag{7}$$

- где $C_{ж.г.j}$ – стоимость жидкости глушения, необходимой для глушения скважины на j -е сутки после ее остановки, тыс. руб.;
 $C_{1\ м^3 j}$ – стоимость 1 м³ жидкости для глушения скважины на j -е сутки после ее остановки в зависимости от плотности, тыс. руб.



$$Q_j = T_j \cdot D_{\text{до ост.}} \quad (8)$$

где Q_j – накопленная добыча нефти на j -е сутки после остановки нагнетательной скважины, которая могла быть, если бы скважину не остановили, т;
 T_j – количество суток от остановки до j -го замера избыточного давления, сут.

$$D_j = \sum_{i=1}^n q_{\text{ср.ij}} \quad (9)$$

где D_j – суммарный средний дебит нефти скважин окружения на j -е сутки после остановки нагнетательной скважины, т/сут;
 $q_{\text{ср.ij}}$ – средний дебит по нефти i -ой скважины из окружения на j -е сутки после остановки нагнетательной скважины, т/сут.

$$Q_{j \text{ факт/прог}} = \sum_{j=1}^{T_j} D_j \quad (10)$$

где $Q_{j \text{ факт/прог}}$ – количество добытой (фактической или прогнозной) нефти за период от остановки нагнетательной скважины до исследуемой даты (T_j), т.

$$Q_{\text{нj}} = Q_j - Q_{j \text{ факт/мод}} \quad (11)$$

где $Q_{\text{нj}}$ – количество нефти, недополученной на j -е сутки после остановки нагнетательной скважины ($j = 1, \dots, k$), т.

$$C_{\text{н.}j} = C_{1 \text{ т}} \cdot Q_{\text{нj}} \quad (12)$$

где $C_{\text{н.}j}$ – стоимость нефти, недополученной на j -е сутки после остановки нагнетательной скважины, тыс. руб.;
 $C_{1 \text{ т}}$ – стоимость 1 т нефти, тыс. руб.

$$C_j = C_{\text{ж.г.}j} + C_{\text{н.}j} \quad (13)$$

где C_j – сумма стоимости жидкости глушения и стоимости недополученной нефти на j -е сутки после остановки нагнетательной скважины, тыс. руб.

$$C2_j = |C_{\text{ж.г.}j} - C_{\text{н.}j}| \quad (14)$$

где $C2_j$ – разность стоимости жидкости глушения и стоимости недополученной нефти на j -е сутки после остановки нагнетательной скважины, тыс. руб.

Для определения оптимального срока глушения скважины по минимуму суммы стоимостей недополученной нефти и жидкости глушения (формула 1) необходимо иметь прогнозные значения изменения избыточного давления и суммарного дебита скважин окружения на сутки или более.

В качестве примера приведены результаты реализации подхода в редакторе Excel.

По трем условно фактическим замерам устьевого избыточного давления (последний замер произведен на 10 сутки) построена линия тренда его изменения (рис. 1, а). Аналогично построена линия тренда изменения суммарного дебита нефти скважин окружения (рис. 1, б). В соответствии со значениями плотности жидкости, необходимой для глушения скважины в зависимости от избыточного давления, строится совмещенный график стоимостей жидкости глушения и недополученной нефти (рис. 1, в).

Характерны два срока, в которых достигаются минимум суммы стоимостей потерь нефти и жидкости глушения и их равенство. Очередность наступления этих событий неоднозначная (как раньше, так и позже).

В примере равенство стоимостей недополученной нефти на одну скважину и жидкости глушения (пересечение соответствующих линий) достигается на 21 сут.

По графику зависимости суммарной стоимости недополученной нефти и жидкости глушения на скважину видно, что минимальное значение прогнозируется на 19 сут. – рекомендуемый срок завершения подготовки скважины к ремонту.

При продолжении остановки или стравливания нагнетательной скважины и получении данных замеров избыточного давления и суммарных дебитов скважин окружения (или накопленной добычи) осуществляется корректировка срока завершения подготовки скважины к ремонту.

Прогнозируемые периоды малоинтенсивного изменения устьевого избыточного давления позволят сократить продолжительность подготовки нагнетательных скважин к проведению ремонтов

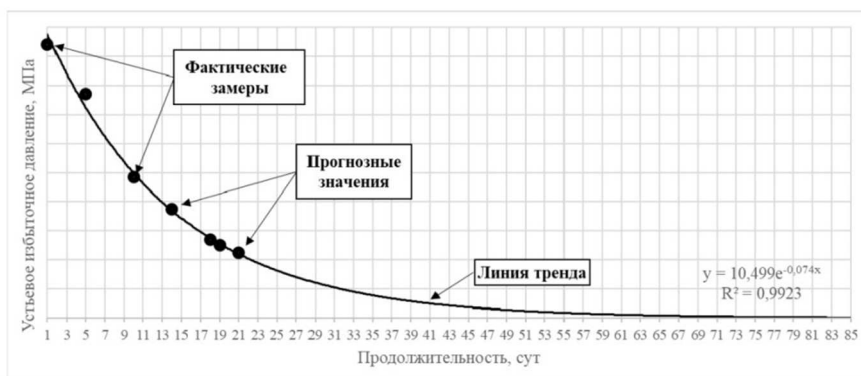
Экономический эффект от определения срока завершения остановки и стравливания может быть достигнут при своевременном начале работ по текущему и капитальному ремонту скважин.

Описанный подход определения оптимального срока завершения остановки или стравливания избыточного давления в нагнетательной скважине предусматривает проведение автоматизированных

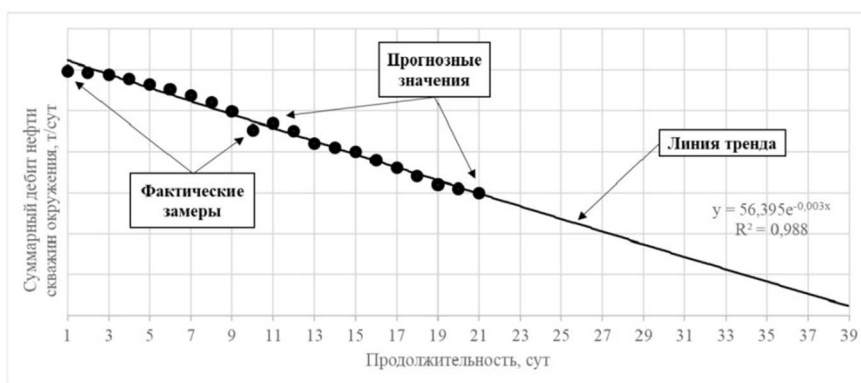


расчетов с получением информации из баз данных предприятия о добыче скважин и оперативных замерах устьевых давлений.

Методический подход позволяет на прогнозном уровне учитывать изменения избыточного давления в планируемый период проведения ремонта и вывода нагнетательной скважины на режим.



а) устьевое избыточное давление нагнетательной скважины



б) суммарный дебит нефти скважин окружения



в) стоимости недополученной нефти и жидкости глушения

Рисунок 1 – Зависимости параметров для принятия решения о сроке глушения скважины

Выводы

1. Предложен подход к принятию решения о продолжительности остановки и стравливания избыточного давления нагнетательной скважины на основе экономической целесообразности применения утяжеленных жидкостей глушения с учетом фактического и прогнозного количества недополученной нефти в период подготовки нагнетательной скважины к ремонту.

2. Реализация описанного подхода на программном уровне с внедрением в информационные системы предприятия и получением оперативной промышленной информации из баз данных повысит обоснованность определения срока начала глушения нагнетательных скважин.