

УДК 622.24.85

П. В. Зыбинский, инж.

ЗАО "Компания "Юговостокгаз", г. Донецк, Украина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЗАПУСКА ГИДРОВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРОВОГО СНАРЯДА ПОГРУЖНОЙ УСТАНОВКИ УГВП-150

On the basis of the analysis of experimental datas got in case of research of work of hydraulic drills executed on base piston hydraulic with the valvular distribution of fluid is selected to the appropriateness of forming the start conditions for different combinations of structural elements conditioned by the specific character of exploitation of hydraulic drills with the complement of the setting UGVP-150.

Выполнение работ по бурению мелких скважин (до 6 м) в породах II–VII категорий по буримости погружной гидровращательной установкой УГВП-150 (рис.1) при геологоразведочных работах и инженерно-геологических изысканиях на шельфе [2, 5] обусловило решение целого ряда вопросов, связанных с обеспечением надежного запуска погружного гидровращательного бурового снаряда (гидробура), входящего в состав установки. Гидробур (ГБ) выполнен на базе объемного гидродвигателя с клапанным распределением рабочей жидкости, поршень которого кинематически и механически связан с винтовым преобразователем возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение бурового снаряда. Функции ГБ расширены возможностью создания обратной циркуляции жидкости в колонковом наборе. При этом роль вытеснителя насосного блока в отличие от известных технических решений выполняет поршень лубрикатора, не имеющий механической связи со штоком гидродвигателя.

Для различных условий эксплуатации ГБ весьма важно решение задачи, определяющей маневренные свойства гидродвигателя. В процессе эксплуатации установки имели место случаи, когда запуск машины становился невозможным. Наблюдался диапазон расхода жидкости, при котором происходило зависание поршня в промежуточном положении при открытых клапанах распределительного устройства. В этой ситуации запуск гидродвигателя обеспечивался интуитивным подбором жесткости пружины (Z) и хода ее сжатия (S_2).

Основываясь на данных анализа рабочего цикла поршневых гидродвигателей с клапанным распределением жидкости [1, 4], для стабильного запуска и работы ГБ с возможностью получения эффективных характеристик необходимо установить условие достижения синхронной работы распределительного узла гидродвигателя. В результате анализа динамики взаимосвязанных элементов гидродвигателя выделено условие запуска, соответствующее реальным условиям эксплуатации и учитывающее особенности процессов в цилиндре гидродвигателя. При запуске гидробура необходимо выполнение условия, при котором сила рабочего давления (Pf_k) на впускной клапан 1 исключает преждевременную перестановку клапанов на ходе сжатия клапанной пружины S_2 силой пружины $Z(S_0 + S_2)$ (рис. 1).

Поэтому рабочим условием, при котором клапан не откроется до соударения ограничителей хода, следует считать

$$Pf_k > Z(S_0 + S_2) \quad (1).$$

Конкретной задачей экспериментальных исследований являлось установление механизма влияния параметров клапанной пружины, соотношения хода клапанов и площади прилегания клапанов, осевой нагрузки (крутящего момента) и расхода жидкости на условия запуска механизма. Проведение экспериментальных исследований поршневого ГБ осуществ-

влялось на специальном стенде, позволяющем имитировать различные режимы работы и получать при этом данные, достаточные для установления характера основных закономерностей и процессов в агрегате [3].

В качестве объекта исследования применялась конструкция поршневого гидравлического механизма для вращательного бурения, который был разработан на базе схемы гидробура, показанной на рис. 1. Конструктивные параметры гидробура, используемого в качестве объекта исследований, приведены в таблице.

Вследствие функциональной взаимосвязи между расходом жидкости и такими характеристиками ГБ, как давление в гидросистеме, длительность фаз рабочего цикла, частота ходов и скорость поршня в любой момент времени, их прямые измерения выполнялись путем обработки осциллограмм рабочего цикла ГБ. Исходные данные для расчета принимались те же, что и для эксперимента.

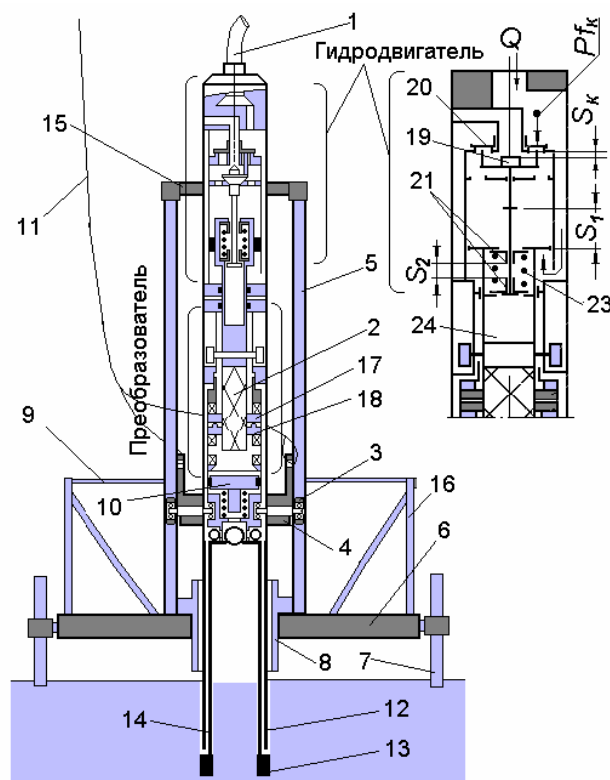


Рис. 1. Схема установки ПГВУ-150:

1 – шланг; 2 – винт преобразователя; 3 – ролики; 4 – каретка; 5 – направляющие швеллера; 6 – опорная рама; 7 – опорные лапы; 8 – направляющий патрубок; 9 – перила; 10 – лубрикатор; 11 – канат; 12 – наружная труба; 13 – коронка; 14 – керноприемная труба; 15 – траверса; 16 – стойки; 17 – верхняя гайка преобразователя; 18 – нижняя гайка преобразователя; 19 – выхлопной клапан; 20 – впускной клапан; 21 – верхний и нижний ограничители; 23 – клапанная пружина.

При исследовании влияния параметров клапанной пружины и ее хода на работу клапанной группы механизма поочередно в гидродвигатель ставились пружины с известной характеристикой и при постоянных конструктивных параметрах (ход клапанов, рабочий ход, ход поршня на фазе сжатия пружины) проводилась запись режима работы при различных нагрузках, от запуска и вплоть до остановки. При этом дополнительно измерялись скорость перемещения поршня и скорость клапанов. Затем при одинаковой пружине изменялась величина ее рабочего хода за счет размеров ограничителей.

Конструктивные параметры объекта исследований

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
Диаметр корпуса	м	$127 \cdot 10^{-3}$
Диаметр поршня	м	$100 \cdot 10^{-3}$
Диаметр штока	м	$65 \cdot 10^{-3}$
Диаметр поршня преобразователя	м	$100 \cdot 10^{-3}$
Ход поршня	м	$300 \cdot 10^{-3}$
Ход клапанов гидродвигателя	м	$8 \cdot 10^{-3}$
Рабочая площадь поршня при ходе вверх	м ²	$4,5 \cdot 10^{-3}$
Рабочая площадь поршня при ходе вниз	м ²	$3,32 \cdot 10^{-3}$
Площадь прилегания клапанов гидродвигателя	м ²	$2,05 \cdot 10^{-3}$

На всех этапах опытов проверялась сходимость расчетных значений исследуемых параметров и экспериментально полученных данных.

Перед началом проведения каждого опыта осуществлялись подготовка механизма с соответствующими конструктивными параметрами, обусловленными целью исследования, а также проверка и настройка необходимой аппаратуры. Тензометрическая аппаратура и датчики скорости тарировались до начала и после окончания работ. Тензометрические датчики подбирались в зависимости от ожидаемой измеряемой величины с таким расчетом, чтобы она была на 15–20 % ниже максимальной для данного датчика.

Регистрация необходимых параметров проводилась после достижения стабильной работы механизма на стенде.

Для аппроксимации экспериментальных распределений полученных данных использована стандартная программа обработки опытных величин на ПЭВМ. Результаты расчетов выводились на печать в виде таблиц и графиков с соответствующей статистической диагностикой. Анализ корреляционной зависимости выполнен на основании регрессионной статистики с использованием пакета *Анализ данных MS Excel*. При этом теснота статистических зависимостей оценивалась с помощью множественного коэффициента корреляции R и его квадрата R^2 .

Для проверки значимости конструктивных элементов гидродвигателя S_2 , F_k , Z для запуска машины проведены серии экспериментов при фиксированных величинах крутящего момента. Устанавливалась подача насоса, при которой наблюдался стабильный запуск гидродвигателя; при этом в сериях опытов ход клапана ($S_k = 8$ мм) оставался неизменным. Ход сжатия клапанной пружины дискретно изменялся в каждой серии опытов с шагом 3–5 мм. Техническая сложность изменения площади прилегания клапана обуславливала проведение экспериментов с одной клапанной коробкой. При этом начальный эксперимент выполнялся с клапанной коробкой, имевшей площадь прилегания 30 см². В дальнейшем после регистрации комплекса параметров ГБ в широком диапазоне изменения расхода жидкости и крутящего момента на валу площадь прилегания клапана уменьшалась путем фрезерования ее торцевой поверхности. В процессе экспериментов одновременно с исследованием условий запуска ГБ выполнялась регистрация (осциллографирование) рабочих характеристик гидробура.

На рис. 2 нанесены измеренные значения подачи насоса, при которой выполняется условие стабильного запуска гидродвигателя (на графиках оно показано соответствующими метками и линией тренда) при изменении крутящего момента M . Исходные данные: $Z=30$

кН; $F_k=15 \text{ см}^2$. Анализ полученных данных показывает, что квадрат парного коэффициента корреляции величин Q_r и Q_f варьируется в диапазоне 0,94–0,97, что свидетельствует о наличии весьма тесной статистической связи данных параметров, приближающейся к функциональной зависимости.

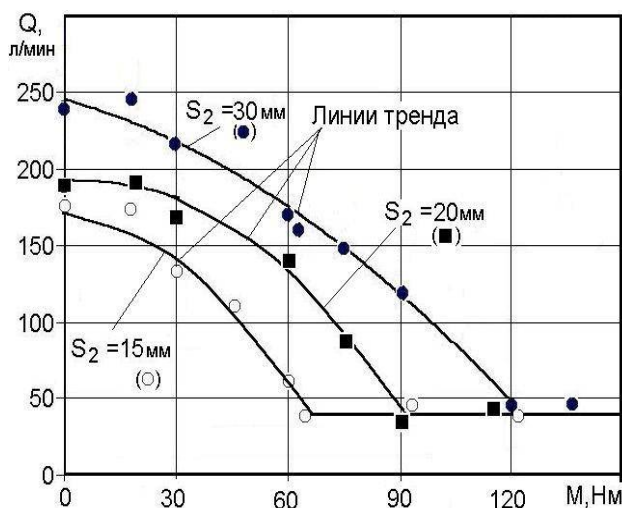


Рис. 2. Экспериментальные зависимости запуска ГБ при изменении крутящего момента на валу при различном ходе клапанной пружины.

В результате проведенного эксперимента установлен существенный фактор, определяющий условие запуска гидробура: при постоянной жесткости клапанной пружины и неизменной величине хода клапана запуск ГБ обеспечивается при соблюдении условия, при котором сила прижатия клапана превышает усилие, формируемое пружиной на ходе ее сжатия. При этом для условий эксперимента, результаты обработки и обобщения данных которого показана на рис. 2, значение давления запуска, обеспечивающего необходимую силу прижатия клапана, величина которого пропорциональна крутящему моменту и расходу жидкости, составляет: расчетное значение – 0,29 МПа, измеренное – 0,36 МПа.

Изучение влияния жесткости пружины на запуск ГБ обеспечено при постоянной величине площади прилегания клапана и фиксированных значениях хода сжатия пружины. Жесткость последней изменялась от 10 до 45 кН/м.

На рис. 3 показаны графики зависимости расхода жидкости, при котором выполняется условие стабильного запуска ГБ при изменении крутящего момента в отмеченном диапазоне жесткости пружины. В процессе эксперимента ход клапана $S_k=8 \text{ мм}$ и площадь прилегания клапанов $F_k=20,5 \text{ см}^2$ оставались постоянными.

После статистической обработки рассмотренных выше экспериментальных измерений получены соотношения, позволяющие аппроксимировать исследуемые зависимости в виде полиномов третьей степени.

Исследование влияния площади прилегания клапанов проводилось при постоянной жесткости клапанной пружины $Z=30 \text{ кН/м}$ и последовательном изменении хода клапанной

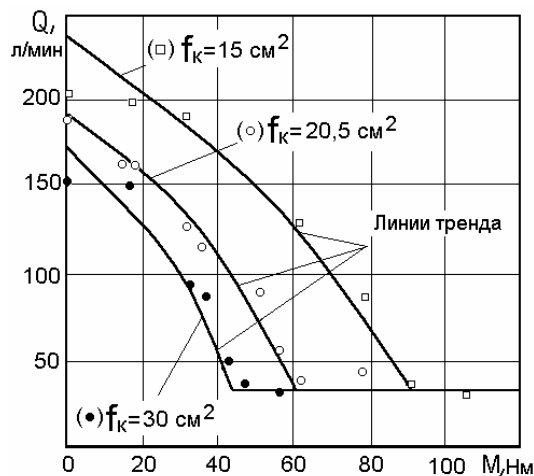


Рис. 3. Экспериментальные зависимости запуска ГБ при изменении крутящего момента на валу при различной жесткости клапанной пружины.

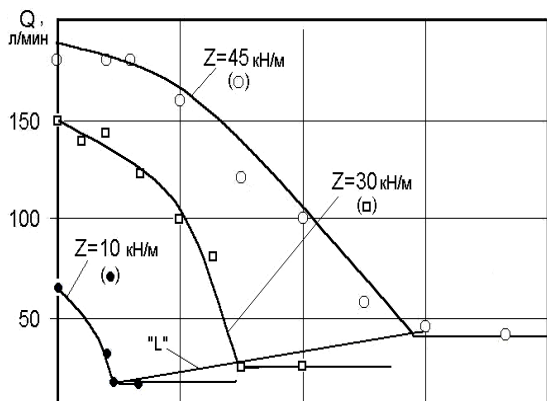


Рис. 4. Экспериментальные зависимости запуска ГБ при изменении крутящего момента на валу при различной площади прилегания клапанов.

пружины для различных значений площади прилегания. Полученные зависимости представлены на рис. 4.

В соответствии с выполненными измерениями установлено, что при увеличении площади прилегания клапана граница запуска ГБ смещается в сторону меньшего расхода жидкости при любом значении S_2 .

Обобщение проведенных исследований позволяет сформулировать основные выводы, касающиеся условий запуска ГБ:

1. Существует пороговое значение реакции забоя (крутящего момента), при котором необходимое количество жидкости для запуска ГБ остается неизменным при увеличении крутящего момента на валу. Для условий эксперимента при постоянной жесткости пружины $Z=30$ кН/м после достижения пороговой величины M запуск ГБ стабилизируется на величине 32–34 л/мин независимо от S_2 .

2. Увеличение хода сжатия клапанной пружины приводит к смещению границы запуска ГБ в сторону большего значения расхода жидкости и одновременно к смещению порогового значения крутящего момента в большую сторону.

3. При увеличении жесткости пружины, при неизменной величине хода S_2 , значение расхода жидкости, необходимое для запуска ГБ, смещается в сторону большего значения расхода жидкости, при этом увеличивается и пороговое значение M .

4. При увеличении площади прилегания клапана граница запуска ГБ смещается в сторону меньшего расхода жидкости при любом значении S_2 . Данный вывод определяется особенностью формирования силы прижатия клапана к седлу в период взаимодействия клапана и пружины, на которую он опирается на фазе 2. Достаточная (превышающая усилие пружины) сила прижатия клапана с увеличением площади прилегания обеспечивается при меньших величинах давления, что соответствует меньшему значению расхода жидкости.

Литература

1. Зыбинский П. В., Калиниченко О. И. Новый поршневой гидробур для однорейсовой проходки подводных скважин /Збірник наукових праць ДонДТУ. Серія гірничо-геологічна. - Донецьк (ДонДТУ), 2002. – № 54. – С. 80–85.
2. Зыбинский П. В., Калиниченко О. И. Результаты предварительных производственных испытаний погружной гидровращательной установки для бурения скважин на шельфе / Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю. – Донецьк (ДонДТУ), 2002. – № 2. – С. 87–89.
3. Зыбинский П. В. Стенд для испытания и экспериментальных исследований забойных двигателей / Реферативные карты ЦНИЭИуголь. – 1979. – Вып. 10 (118).– Карта № 833.
4. Калиниченко О. И., Зыбинский П. В. Перспективы создания пробоотборников с гидровращательным приводом для бурения мелких подводных скважин / Збірник наукових праць ДонДТУ. Серія гірничо-геологічна. - Донецьк (ДонДТУ), 2002. – № 45. – С. 155–159.
5. Применение погружных автономных установок для однорейсового бурения подводных скважин /О. И.Калиниченко, А. В. Коломоец, Е. Н. Квашин и др. / Техн. и технол. геол. – развед. работ; орг. пр-ва. Обзор / ВИЭМС. – М., 1988. – Вып. 2. – 46 с.

Поступила 20.07.2006 г.