

УДК 621.68+622.323

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ ПРИ РАБОТЕ УСТАНОВОК ШТАНГОВЫХ ГЛУБИННЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОМЫСЛОВЫХ ДАННЫХ

А. В. ЗАХАРОВ, М. Е. ЛЕБЕШКОВ

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

И. В. ЗАХАРОВА

*Учреждение образования «Гомельский государственный профессионально-технический колледж электротехники»,
Республика Беларусь*

Введение

В настоящее время в достаточной степени изучены лишь отдельные аспекты, связанные с оптимизацией процессов добычи нефти установками штанговых глубинных насосов (УШГН). Решение этих вопросов осложнено наличием большого количества взаимосвязанных, управляемых и управляющих параметров, а также параметров, не поддающихся контролю и изучению. В силу этого создание достаточно адекватных, но простых математических моделей, позволяющих в кратчайшие сроки имитировать на ЭВМ многочисленные варианты комплексной реализации процесса и выбрать наилучший, произвести оценку взаимовлияния различных технологических параметров являются достаточно важной задачей для оперативного управления и оптимальной разработки нефтяных месторождений.

Постановка задачи

При оптимизации работы эксплуатируемых установок могут возникать более узкие задачи, связанные с подбором только некоторых узлов установки и ее режимных параметров [1].

При проектировании эксплуатации скважины штанговым насосом выбирают типоразмеры станка-качалки и электродвигателя, тип и диаметр скважинного насоса, конструкцию колонны подъемных труб и рассчитывают следующие параметры: глубину спуска насоса, режим от качки, т. е. длину хода и число качаний, конструкцию штанговой колонны. Однако, если геометрические параметры штанговой насосной установки определяются достаточно простыми расчетами и могут подбираться на основе известных диаграмм (диаграмма Адонина) [1], то технологические параметры работы установки не имеют столь однозначного решения, что, в первую очередь, связано с изменением в широком диапазоне физических характеристик откачиваемой скважинной жидкости по стволу скважины, и их разнонаправленным влиянием на коэффициент подачи. Например, увеличение газосодержания нефти увеличивает коэффициент длины хода, однако уменьшает коэффициент наполнения насоса [1]–[3].

Одним из способов устранения данных противоречий, на взгляд авторов, может быть определение оптимальных зон технологических и настроечных параметров ра-

боты УШГН, основанное на изучении и анализе статистических промысловых данных. Очевидно, что для этих целей можно использовать регрессионный анализ, объединяющий методы исследования по статистическим данным зависимости среднего значения одной случайной величины от нескольких других независимых величин:

1. Полученные зависимости могут быть использованы при подборе типоразмера и расчете технологического режима работы УШГН.

2. Полученные уравнения регрессии могут быть подвергнуты анализу с точки зрения оптимизации режимов работы скважинных глубинных насосов.

Результаты эксперимента и их обсуждение

В данной статье приведены полученные результаты исследований статистических данных Речицкого нефтяного месторождения, старейшего из нефтяных месторождений Республики Беларусь, эксплуатирующегося с 1964 г. (статистические данные использованы за 1995–2007 гг.). Так как наиболее информативным критерием является коэффициент подачи ($K_{\text{под}}$), в данной работе производилось изучение и определение оптимальных параметров $K_{\text{под}}$ в зависимости от величины динамического уровня. Чтобы исключить влияние различных физико-химических параметров нефти, являющимися индивидуальными для каждого нефтеносного пласта, исследования проводились с выделением каждой залежи в отдельный объект исследования.

Построим группу графиков по аппроксимированной зависимости $K_{\text{под}} = f(H_{\text{дин}})$.

На рис. 1 изображен график $K_{\text{под}} = f(H_{\text{дин}})$ по горизонту *ln-st*. Проанализируем график (рис. 1). На поле графика явно можно выделить три зоны расположения точек. Первая и вторая зоны – в диапазонах $H_{\text{дин}}$: 750...950 м и 1150...1350 м соответственно, характеризуются большой «скупенностью» точек, причем явно имеется тенденция к снижению $K_{\text{под}}$ от первой ко второй зоне. Третья зона находится в диапазоне $H_{\text{дин}} = 1350...2000$. Для нее характерен большой разброс точек, однако и в этой зоне взаимное расположение точек также имеет тенденцию к снижению $K_{\text{под}}$ с увеличением $H_{\text{дин}}$. Анализируя аппроксимированную зависимость, можно сделать вывод, что $K_{\text{под}}$ имеет обратную зависимость от $H_{\text{дин}}$.

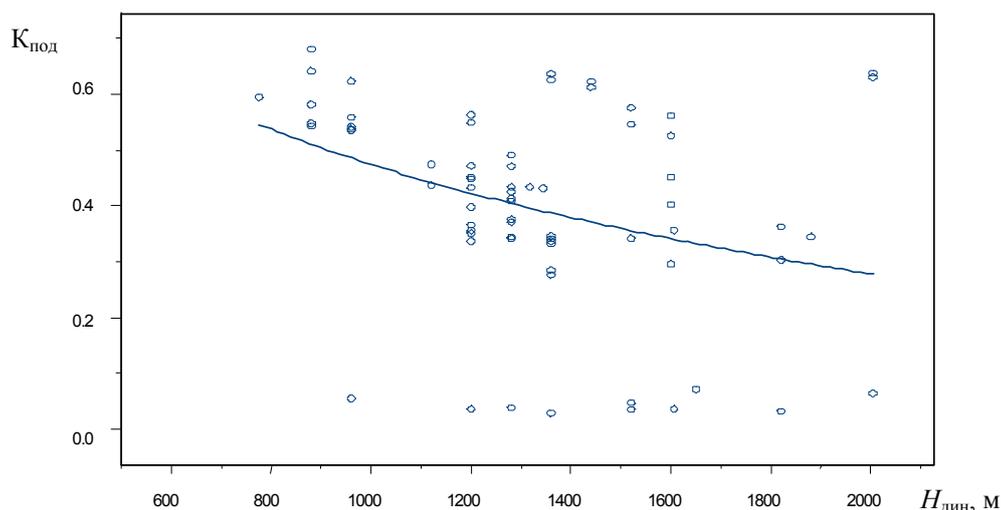


Рис. 1. График зависимости $K_{\text{под}} = f(H_{\text{дин}})$ по горизонту *ln-st*

На рис. 2 изображен график зависимости $K_{\text{под}} = f(H_{\text{дин}})$ по горизонту *sm*. Его анализ показывает, что на поле можно выделить три зоны. Первая зона располагается в

диапазоне $H_{\text{дин}} = 200 \dots 500$ м, характеризуется значительным разбросом по $K_{\text{под}}$, однако, при этом имеется тенденция к увеличению $K_{\text{под}}$ с повышением уровня $H_{\text{дин}}$.

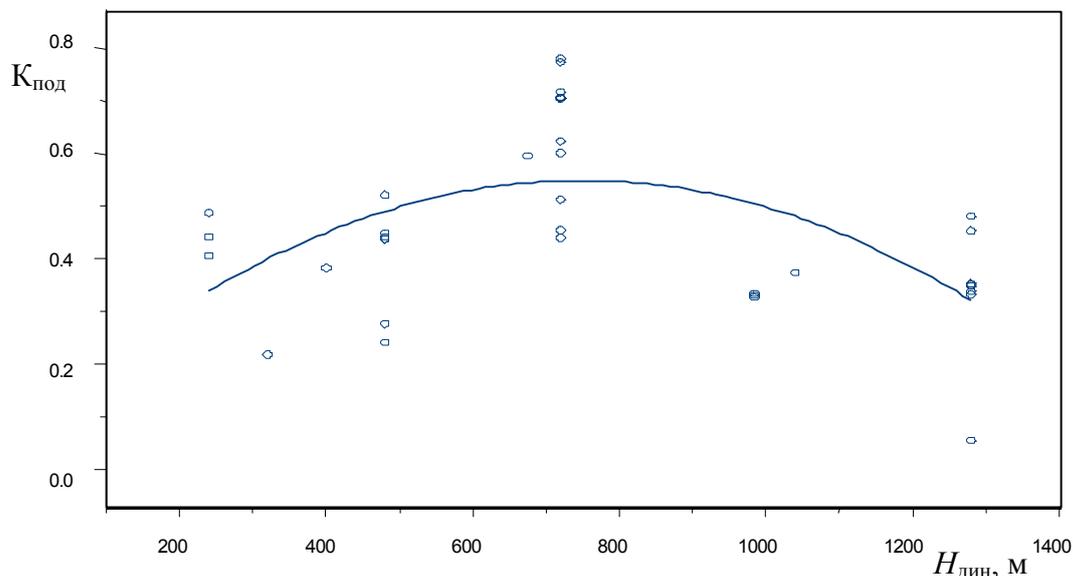


Рис. 2. График зависимости $K_{\text{под}} = f(H_{\text{дин}})$ по горизонту *sm*

Вторая зона располагается в диапазоне $H_{\text{дин}} = 650 \dots 700$ м. Для этой зоны характерен разброс $K_{\text{под}}$ по вертикали, однако, у второй зоны имеется смещение относительно первой в сторону увеличения $K_{\text{под}}$. Третья зона находится в области $H_{\text{дин}} \approx 1280$ м, характеризуется разбросом $K_{\text{под}}$ по вертикали и смещением относительно второй зоны в сторону уменьшения $K_{\text{под}}$. Анализируя аппроксимированную зависимость, можно сделать вывод о характере изменения $K_{\text{под}}$: увеличение в области $H_{\text{дин}} = 200 \dots 760$ м и уменьшение в области $H_{\text{дин}} = 760 \dots 1280$ м.

На рис. 3 изображен график зависимости $K_{\text{под}} = f(H_{\text{дин}})$ по горизонту *vr_III*.

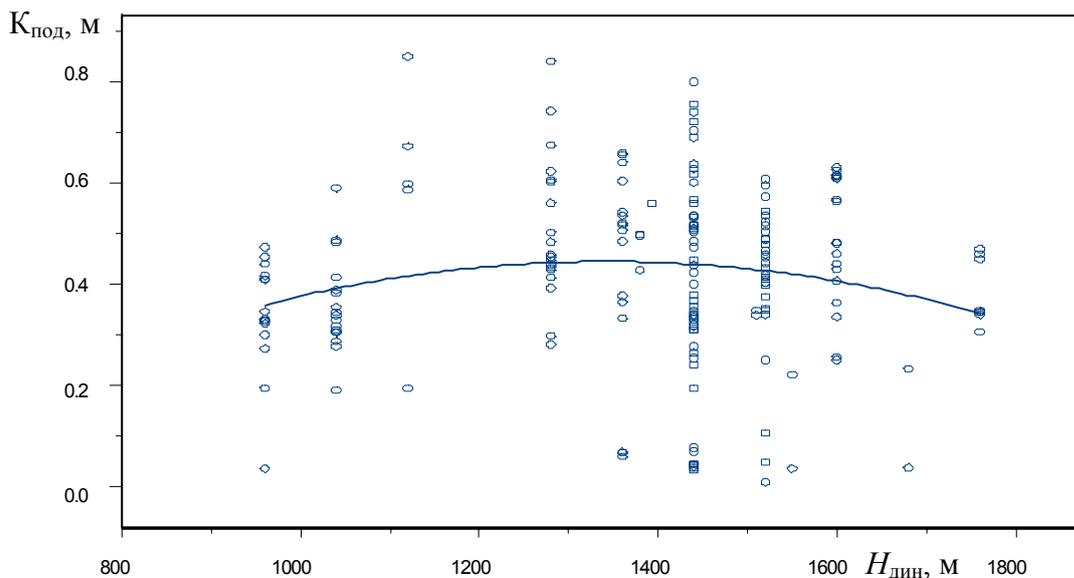


Рис. 3. График зависимости $K_{\text{под}} = f(H_{\text{дин}})$ по горизонту *vr_III*

Проанализируем график, отображенный на рис. 3. Расположение точек на поле графика характеризуется большим разбросом $K_{\text{под}}$ по вертикали при одинаковых $H_{\text{дин}}$. Однако аппроксимированная линия имеет выраженный «коромыслообразный» характер с зоной наибольших $K_{\text{под}}$ в области $H_{\text{дин}} = 1300 \dots 1500$ м.

На рис. 4 изображен график зависимости $K_{\text{под}} = f(H_{\text{дин}})$ по горизонту $zd_IVп$. Анализируя полученную зависимость, можно сделать следующие заключения. Точки значений $K_{\text{под}}$ равномерно расположены по всей области $H_{\text{дин}}$ с разбросом $K_{\text{под}}$ при одинаковых значениях $H_{\text{дин}}$. Аппроксимированная линия графика показывает тенденцию увеличения $K_{\text{под}}$ с увеличением $H_{\text{дин}}$. Таким образом оптимальные динамические уровни для данного горизонта являются 1700 м и выше.

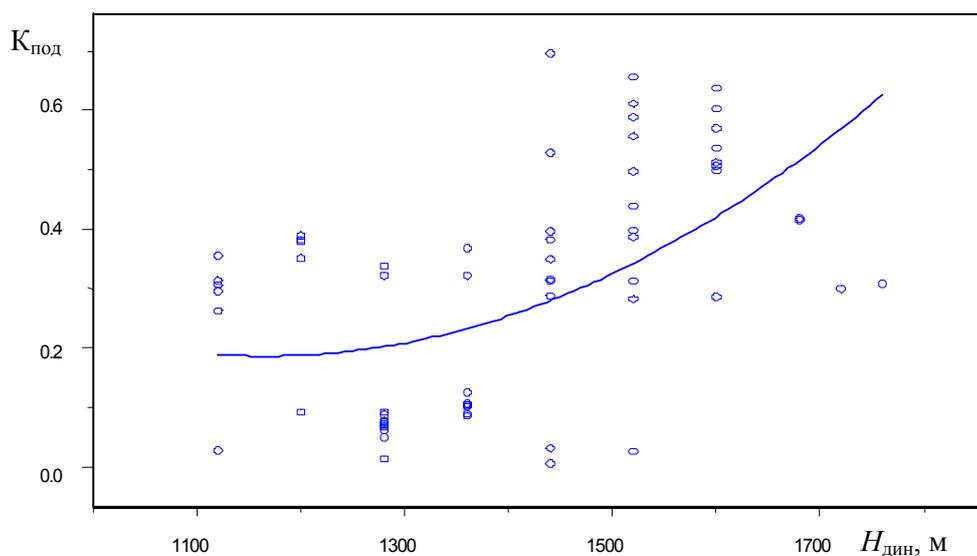


Рис. 4. График зависимости $K_{\text{под}} = f(H_{\text{дин}})$ по горизонту $zd_IVп$

На рис. 5 изображен график зависимости $K_{\text{под}} = f(H_{\text{дин}})$ по горизонту $zd_VIIIп$.

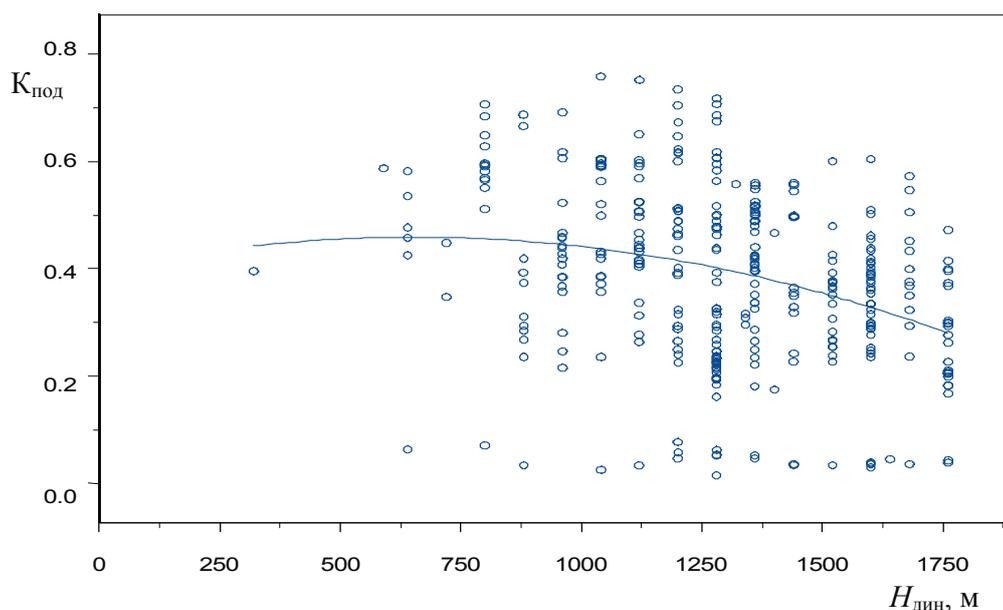


Рис. 5. График зависимости $K_{\text{под}} = f(H_{\text{дин}})$ по горизонту $zd_VIIIп$

Анализируя полученную зависимость, можно сделать следующие заключения. Точки значений $K_{\text{под}}$ равномерно расположены по всей области $H_{\text{дин}}$ с разбросом $K_{\text{под}}$ при одинаковых значениях $H_{\text{дин}}$. Аппроксимированная линия графика показывает на уменьшение $K_{\text{под}}$ с увеличением $H_{\text{дин}}$. Оптимальными динамическими уровнями для горизонта zd_VIII является $H_{\text{дин}} = 500 \dots 1000$ м.

Заключение

1. В силу разнонаправленного влияния физических параметров скважинной жидкости на подачу УШГН необходимо определение ее эксплуатационных характеристик, позволяющих получить наивысшие коэффициенты подачи ($K_{\text{под}}$). Эта задача достаточно успешно может быть решена на основе регрессионного анализа статистических промысловых данных.

2. На основании проведенных исследований выявлены оптимальные зоны динамических уровней для УШГН, эксплуатирующихся на ланско-староаскольском ($ln-st$), семилукском (sm), воронежском II пачка (vr_II), задонском IV пачка (zd_IV), задонском VIII пачка (zd_VIII) горизонтам Речицкого нефтяного месторождения.

Литература

1. Молчанов, А. Г. Нефтепромысловые машины и механизмы / А. Г. Молчанов, Л. Г. Чичеров. – Москва : Недра, 1976. – 328 с.
2. Дрэготекску, Н. Д. Глубиннонасосная добыча нефти / Н. Д. Дрэготекску. – Москва : Недра, 1966. – 417 с.
3. Вильнер, Я. М. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидропневмоавтоматике / Я. М. Вильнер, Я. Т. Ковалев, Б. Б. Некрасов ; под ред. Б. Б. Некрасова. – Минск : Выш. шк., 1976. – 416 с.

Получено 26.10.2009 г.