



УДК 622.2

ВОПРОС ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ УЭЦН НА ПРИМЕРЕ БОБРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ОРЕНБУРГНЕФТЬ»

QUESTION OF OPTIMIZATION OF ESP OPERATION ON THE EXAMPLE OF BOBROVSKOYE DEPOSIT «ORENBURGNEFT»

Грибенников Олег Алексеевич

кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры
Разработка и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений,
Самарский государственный
технический университет
o.a.gribennikov@mail.ru

Шумахер Мария Юрьевна

студент,
Самарский государственный
технический университет
Marya9630@mail.ru

Рудь Олеся Николаевна

студент,
Самарский государственный
технический университет
olesya.rud.95@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены способы оптимизации работы скважины на примере пласта А₄ Бобровского месторождения, находящегося в Оренбургской области. Расчеты проводились по 35 скважинам. Результаты показали, что 20 % скважин нуждаются в оптимизации насосного оборудования, так как они работают вне оптимального режима либо на границе оптимальной рабочей области. По 3 скважинам произведен подробный расчет параметров оптимизации.

Ключевые слова: скважина, эксплуатация, оптимизация, насосное оборудование, напорная характеристика.

Gribennikov Oleg Alekseevich

Candidate of Technical Sciences,
Senior Lector of Chair Oil and Gas
Field Development and Operation,
Samara State Technical University
o.a.gribennikov@mail.ru

Shumakher Maria Yuryevna

Student,
Samara State Technical University
Marya9630@mail.ru

Rudi Olesya Nikolaevna

Student,
Samara State Technical University
olesya.rud.95@mail.ru

Annotation. In this article methods of optimization of oil wells are considered through the example of layer A₄ «Bobrovskoe» deposit, which is situated in the Orenburg region. The calculations were carried out on 35 wells. The results showed that 20 % of the wells need the optimization of the pumping equipment as their work is either out of the optimal performance or at the edge of the optimal work area. The detailed calculations of optimization characteristics are carried out on 3 oil wells.

Keywords: well, exploitation, optimization, pumping equipment, head-capacity curve.

Оптимальной работой характеризуются скважины с коэффициентом подачи 0,75–1,25. Наибольший интерес представляют скважины, коэффициент подачи которых лежит за этими границами. Для первоначальной оценки эффективности работы пласта было построено распределение добывающего фонда скважин по коэффициентам подачи насоса (рис. 1).

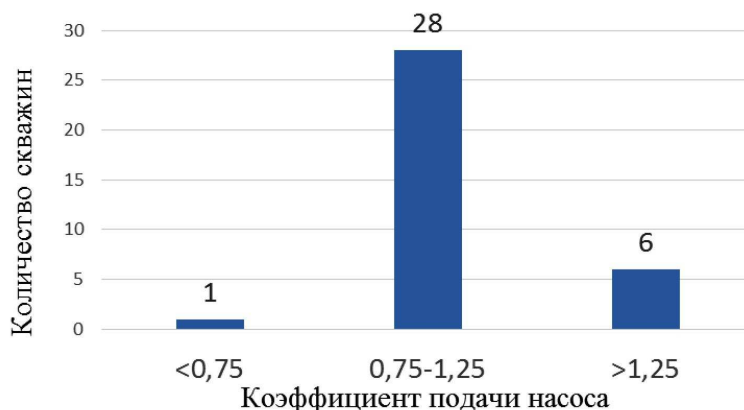


Рисунок 1 – Распределение скважин по коэффициенту подачи насоса



Таким образом, вне оптимального режима работают 7 скважин. Для дальнейшего подробного рассмотрения и оптимизации были выбраны 3 скважины: № 227, № 814, № 2003.

Для того, чтобы определить в каком режиме работает система пласт-скважина, необходимо построить согласованный график напорных характеристик скважины и насоса. На напорную характеристику скважины накладывается $H(Q)$ – характеристика насоса для определения точки их пересечения, которое показывает, с каким дебитом будет работать скважина при совместной работе насоса и пласта (рис. 2). Точка А – пересечение характеристик скважины и ЭЦН. Абсцисса точки А дает дебит скважины при совместной работе скважины и насоса, а ордината – напор H , развиваемый насосом. Для эффективной и экономичной работы необходимо подобрать ЭЦН с такими характеристиками, чтобы точка пересечения характеристик совпала бы с максимальным к. п. д. (точка В) или, по крайней мере, лежала бы в области рекомендованных режимов работы данного насоса. Из примера на рис. 2 видно, что система работает вне оптимального режима, так как пересечение характеристик скважины и ЭЦН лежит за пределами рабочей зоны насоса.

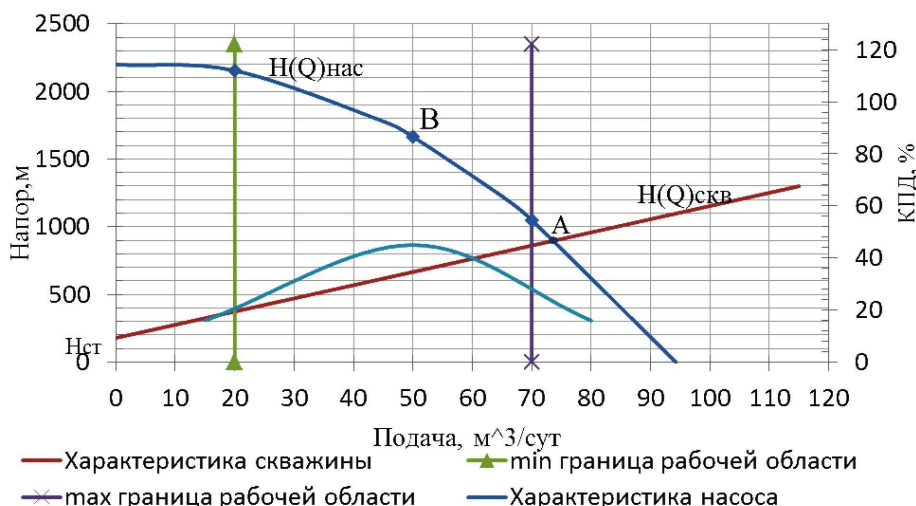


Рисунок 2 – Согласованный график напорных характеристик скважины и насоса

В процессе длительной эксплуатации высокопроизводительных скважин некоторые параметры пласта, например, пластовое давление в зоне отбора, проницаемость призабойной зоны, обводненность продукции скважины могут существенно изменяться, что приводит к изменению притока (дебита) из пласта в скважину. В связи с этим возникает необходимость регулировать отборы из скважины с целью повышения эффективности работы системы «пласт – скважина – насос». Для изменения производительности УЭЦН применяются следующие методы:

Установка штуцера – создание дополнительного сопротивления на устье скважины приводит к изменению напорно-расходной характеристики электроцентробежного насоса. Линия оптимальной производительности вынужденно смещается в левую зону. При этом отбор продукции скважины ЭЦН снижается.

Необходимый диаметр штуцера рассчитывается в зависимости от величины газового фактора. На выбранном месторождении газовый фактор не велик, поэтому была использована следующая формула:

$$d = \sqrt{\frac{Q}{0,785 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta P_{ум}}}}, \tag{1}$$

где Q – расход жидкости, m^3/c ; $\mu = 0,7 - 0,9$ – коэффициент расхода, зависящий от плотности жидкости; $\Delta P_{ум}$ – противодействие на штуцере, атм.

Изменение частоты питающего напряжения на станции управления УЭЦН – в рабочей зоне производительность ЭЦН и число оборотов вала насоса находятся в прямой зависимости, то есть с увеличением числа оборотов вала на 10 %, производительность ЭЦН увеличивается также на 10 % и наоборот: снижение чисел оборотов вращения вала насоса приводит к линейному снижению его производительности. Установить насколько необходимо снизить частоту питающего напряжения для установления оптимального режима работы скважин можно по следующей зависимости:

$$\frac{Q}{Q_m} = \frac{\omega}{\omega_m}, \tag{2}$$



где Q и Q_T – необходимая и текущая подача насоса, м³/сут; ω и ω_m – необходимая и текущая частота питающего напряжения.

Если ни один из вышеперечисленных методов не является эффективным, то необходимо *убрать лишние ступени насоса или сменить насос*.

Для построения согласованных напорных характеристик выбранных скважин (№ 227, № 814, № 2003) и их насосов были перестроены напорные характеристики насоса с воды на пластовую жидкость с учётом пересчётных коэффициентов:

$$Q_v = K_{Qv} Q_e; \tag{3}$$

$$H_v = K_{Hv} H_e; \tag{4}$$

$$K_{Qv} = \frac{Re_u}{363 + Re_u}; \tag{5}$$

$$Re_u = \frac{\rho(\omega Q_{e,опт}^2)^{\frac{1}{3}}}{\mu}; \tag{6}$$

$$K_{Hv} = 1 - 5,15 \sqrt{\frac{Q_e}{Q_{e,опт} Re_u}}, \tag{7}$$

где Q_v, H_v – подача и напор насоса на вязкой жидкости; Q_e, H_e – подача и напор насоса на соответственном режиме водяной характеристики; $Q_{e,опт}$ – подача насоса в м³/с при работе на воде в оптимальном режиме; ω – угловая частота вращения вала насоса, 1/с; μ – средняя динамическая вязкость среды в насосе, Па·с; ρ – средняя плотность среды в насосе, кг/м³.

В результате произведенных расчетов получились следующие напорные характеристики:

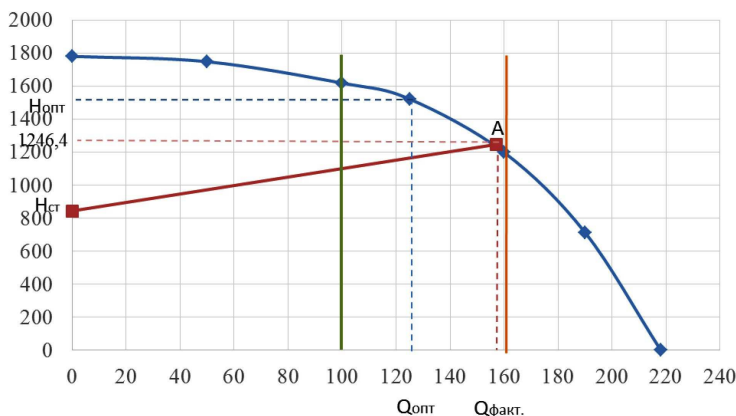


Рисунок 3 – Согласованная напорная характеристика скважины № 227

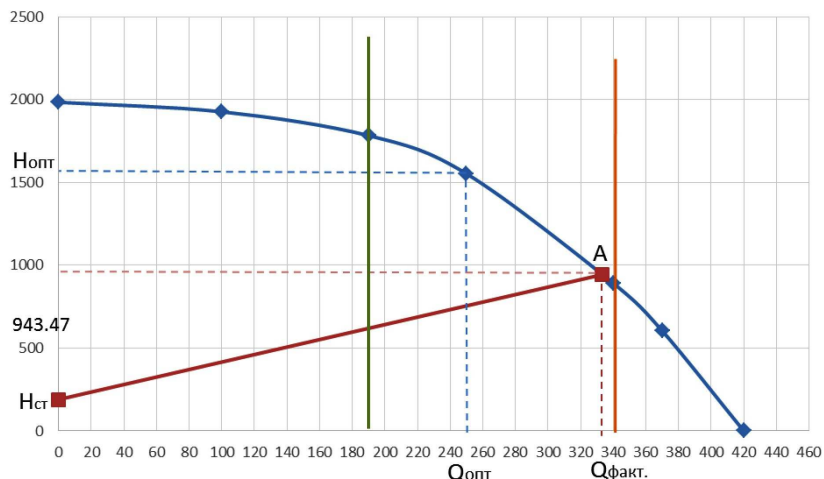


Рисунок 4 – Согласованная напорная характеристика скважины № 814

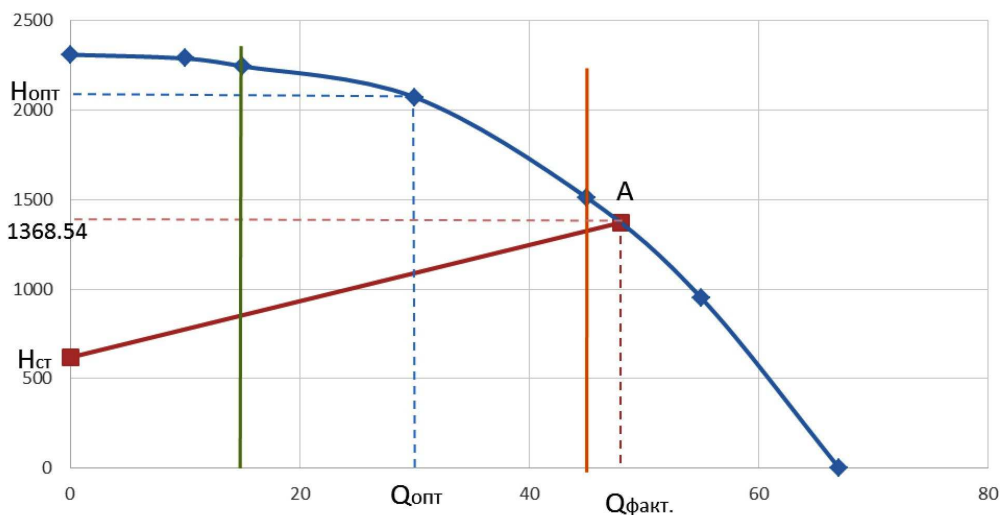


Рисунок 5 – Согласованная напорная характеристика скважины № 2003

Результаты расчетов оптимизации сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов оптимизации

№ скважины	Способ оптимизации		
	Диаметр штуцера, мм	Частота, Гц	Замена насоса
227	8,945664	45,38217	С ЭЦНД5-125-1500 на ЭЦНД5А-160 – 1250
814	10,27847	36,78679	С ЭЦНМ5А-250-1600 на ЭЦНМИК5А-320 – 950
2003	4,693344	34,0625	С ЭЦНД5-30-2100 на ЭЦНД5-50 – 1350

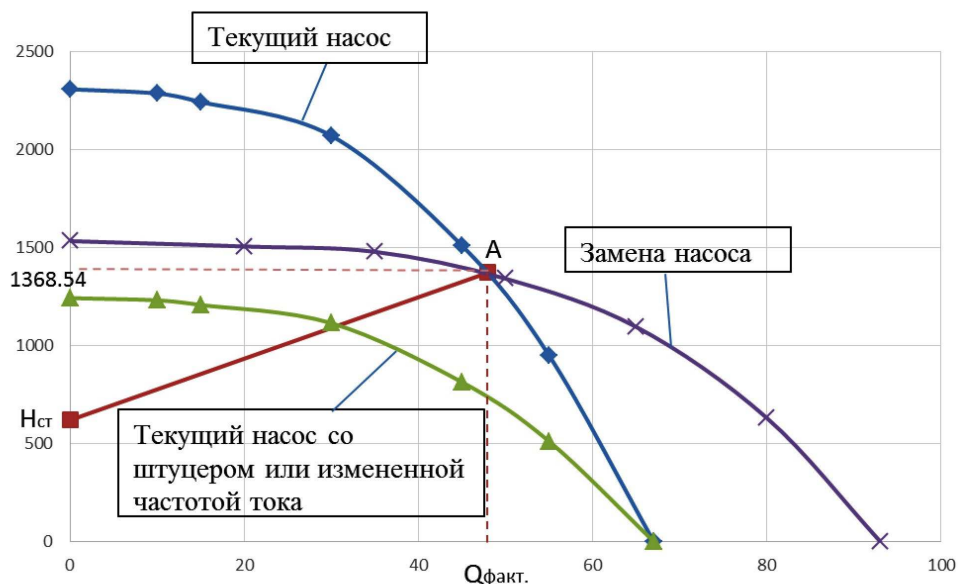


Рисунок 6 – Согласованная характеристика насоса и скважины № 2003 после оптимизации

На скважине № 2003 возможны все 3 способа регулирования. Для оптимизации работы насоса ЭЦНД5-30-2100 необходимо ограничить его напор и подачу установкой штуцера диаметром $d = 4,693$ мм или изменить частоту питающего напряжения с 54,5 Гц на 34,0625 Гц. Или оставить такой же дебит у системы с заменой насоса с ЭЦНД5-30-2100 на ЭЦНД5-50-1350. Напорные характеристики с внедрением всех методов представлены на рисунке 3.



Заключение

Были произведены расчет оптимизации скважин, оборудованных УЭЦН, построение согласованных напорных характеристик насоса и скважины с учётом пересчётных коэффициентов с воды на пластовую жидкость. По предварительной оценке все три скважины работали вне оптимального режима, но после пересчета напорных характеристик на пластовую жидкость скважины № 227 и № 814 стали попадать в зону оптимальной работы, однако настолько близко к границе рабочей области, что им также рекомендуется оптимизация. Скважина № 2003 выходит за область рабочей зоны и однозначно требует оптимизации. В качестве оптимизации для скважин, работающих вне оптимального режима, были рассчитаны диаметры штуцеров, также с учётом частоты вращения валов каждого насоса была определена необходимая частота питающего напряжения и рекомендованы насосы, которые можно использовать как альтернативы взамен работающим.

Литература:

1. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти. – М. : Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, 2015. – 448 с.
2. Дроздов А.Н. Технология и техника добычи нефти погружными насосами в осложнённых условиях : учебное пособие для вузов. – М. : РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2008. – 616 с.
3. Гиматудинов Ш.К. Добыча нефти : Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений / под общ. ред. Ш.К. Гиматудинова, Р.С. Андриасов, И.Т. Мищенко, А.И. Петров и др. – М., Недра, 1983. – 455 с.
4. Щуров В.И. Технология и техника добычи нефти : учебник для вузов. – М. : Недра, 1983. – 510 с.
5. Мищенко И.Т., Бравичева Т.Б., Ермолаев А.И. Выбор способа эксплуатации скважин нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами. – М. : ФГУП Из-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. – 448 с.

References:

1. Mishchenko I.T. Borehole oil production. – M. : Russian state university of oil and gas of I.M. Gubkin, 2015. – 448 p.
2. Drozdov A.N. Technology and technology of oil production by submersible pumps in the complicated conditions: manual for higher education institutions. – M. : Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2008. – 616 p.
3. Gimatudinov Sh.K. Oil production : The reference guide on design of development and operation of oil fields / under a general edition Sh.K. Gimatudinova, R.S. Andriasov, I.T. Mishchenko, A.I. Petrov, etc. – M., Nedra, 1983. – 455 p.
4. Shchurov V.I. Technology and technology of oil production: the textbook for higher education institutions. – M. : Nedra, 1983. – 510 p.
5. Mishchenko I.T., Bravicheva T.B., Yermolaev A.I. The choice of a way of operation of wells of oil fields with hardly removable stocks. – M. : Federal State Unitary Enterprise Iz-vo «Oil and gas» of RGU of oil and gas of I.M. Gubkin, 2005. – 448 p.