

Мультифазный насос для поверхностной перекачки газожидкостной смеси

Multiphase axial pump for surface pumping gas-liquid mixture

A.A. Odintsov^{1,2}, A.N. Musinskiy^{1,2}, S.N. Peshcherenko^{1,2}

¹Novomet-Perm JSC, RF, Perm

²Perm National Research Polytechnic University, RF, Perm

E-mail: odincov.aa@novomet.ru, amusinskiy@gmail.com

Keywords: multiphase pump, surface pumping, gas-liquid mixture, dispersing stages

Energy consumption reducing in oil production is one of the key directions for increasing its efficiency. Improving and simplifying oil and gas gathering and transport systems plays an important role both to reduce costs and expenses, and to shorten the time of installation and commissioning of new oilfields. One-pipe (oil is piped to the central collection point in a gas-saturated condition) system for collecting multiphase production of wells is the most demanded in the oil industry. This system creates conditions for the centralization and rowing of oilfield facilities, excluding the use of compressor equipment, the construction of an additional infrastructure with separation facilities and gas pipelines, which, unlike traditional methods of collecting, reduces the production cost and the development of remote hard-to-reach oilfields with extended system of pipelines. The use of such a collection system allows to increase the level of oil production by lowering the pressure on the well head and increasing drawdown in the reservoir. In addition, the one-pipe collection system solves the problem of prohibiting the flaring of associated petroleum gas. Cavity and axial multiphase pumps are the most frequently used. However, the cavity pump can't tolerate increased content of abrasive particles in oil, due to increasing rotor and stator wear, which reduces the flow rate and causes the pump to fail completely as a result of overheating of the elastomer, its melting and adherence to the rotor. So the multiphase axial pump is more sophisticated device for surface transfer of gas-liquid mixture. A pressure which is created by the multiphase axial pump will make it possible to work without compressors, burning flares, venting gas into the atmosphere, and separated commercial pipelines. The multiphase axial pump is able to create a pressure boost, pumping gas-liquid fluid over the surface to centralized oil and gas collection points, and also to work under low pressures at the pump inlet. These advantages make multiphase axial pump one of the best tools for oilfields exploitation with a large amount of associated gas. However, the currently existing designs of multiphase axial pumps which are capable to transport gas-liquid mixture with an input gas content of at least 90% can work only for flow rate above 3000 m³/day.

The main goal of this work is to select the design of a multiphase axial pump, which will pump the gas-liquid mixture with β in at least 90 % at flow rates of less than 3000 m³/day, and ensure reliable operation of the pump within 2 years. Achieving the set goal will solve the problem of irrational use of associated petroleum gas, as well as resume the operation of depleting and remote wells by developing more sophisticated equipment.

Исследования мультифазного насоса проводились на стенде для испытаний устройств по перекачке газожидкостных смесей (ГЖС) (рис. 1) [1]. Стенд предназначен для испытаний новых и модернизированных образцов оборудования, а также для приемочных испытаний серийного глубиннонасосного оборудования для перекачки ГЖС вода – воздух, вода – ПАВ – воздух.

На раме с площадкой обслуживания установлены основные узлы и модули, необходимые для работы стенда: бак 1 для воды, магистрали замера количества жидкости 13 и газа 9, предназначенные для регулирования и измерения расхода воды и воздуха при помощи расходомеров воды 14 и газа 8. Модуль испытания

А.А. Одинцов^{1,2},
А.Н. Мусинский^{1,2},
С.Н. Пешеренко^{1,2}, д.ф.-м.н.

¹АО «Нововет-Пермь»

²Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Адреса для связи: odincov.aa@novomet.ru,
amusinskiy@gmail.com

Ключевые слова: мультифазный насос, поверхностная перекачка, газожидкостная смесь (ГЖС), диспергирующие ступени

DOI: 10.24887/0028-2448-2019-x-xx-xx

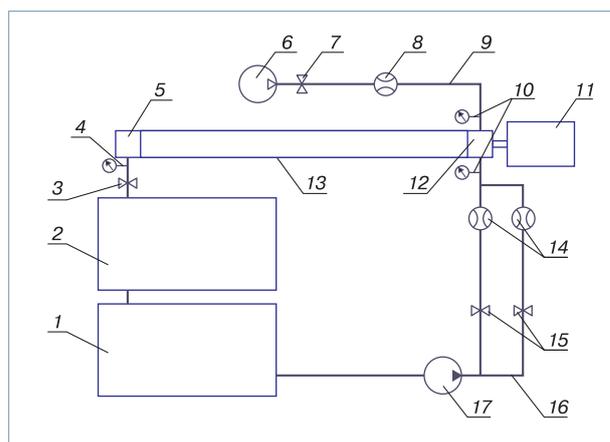


Рис. 1. Схема стенда для испытания устройств по перекачке ГЖС: 1 – бак для воды; 2 – сепаратор полочный; 3, 7, 15 – задвижки; 4, 10 – датчики давления; 5, 12 – соответственно выходной и входной модули; 6 – компрессор; 8, 14 – расходомеры; 9 – магистраль замера воздуха; 11 – электропривод; 12 – испытываемая насосная секция; 16 – магистраль замера жидкости; 17 – насос бустерный

насоса состоит из входного модуля 12 и электропривода 11. Выходной модуль 5 служит для отвода рабочей жидкости от насосной установки и регулирования расхода воды и воздуха путем перекрытия задвижки 3. Сепаратор гравитационный полочный 2

представляет собой бак с установленными внутри полками и предназначен для удаления воздуха из рабочей жидкости.

Влияние входного газосодержания на напор, создаваемый мультифазным осевым насосом (МФОН)

На стенд был смонтирован МФОН [2], характеристики которого исследовались по рекомендациям работы [3]. Конструкция насоса включала 11 осевых ступеней. Все испытания проводились при частоте вращения вала насоса 2910 мин⁻¹.

На первом этапе испытаний подавалась вода с расходом 100 м³/сут, затем при помощи компрессора – газ (воздух) так, чтобы его концентрация в ГЖС составляла 10 %. При помощи датчиков давления, установленных на входе и выходе насоса, и расходомеров, расположенных на газовой и жидкостной линиях, записывались значения давления, расхода воды и газа. Далее содержание газа в смеси увеличивалось до 20, 30 % и так далее до тех пор, пока насос создавал напор. На следующих этапах увеличивалась подача воды и испытание повторялось.

По результатам испытаний были получены данные, на основе которых построены напорно-расходные характеристики (НРХ) насоса при различном содержании газа в ГЖС (от 0 до 60 %). Как видно из рис. 2, с увеличением содержания газа β давление, создаваемое насосом, уменьшается. Например, при подаче воды 800 м³/сут и β = 0 при работе на воде насос создавал давление 0,85 МПа, при β = 10 % – 0,8 МПа, β = 20 % – 0,75 МПа.

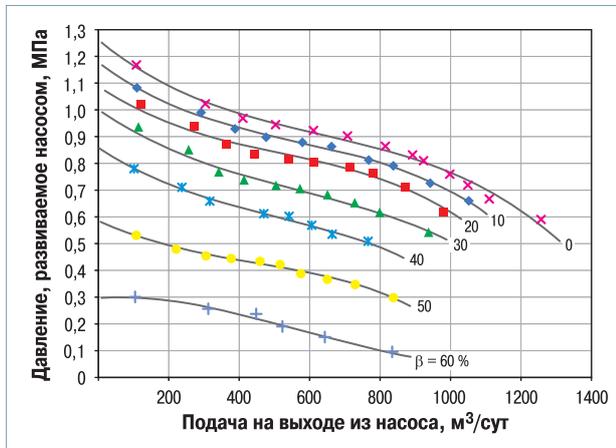


Рис. 2. Напорно-расходная характеристика МФОН, имеющего 11 ступеней, при разном газосодержании β

Испытания на максимальное содержание газа в смеси

Исследование влияния β на число диспергирующих ступеней, гомогенизирующих газожидкостную смесь и не создающих напор, проводилось на стенде [2] при частоте вращения вала насоса, равной 2910 мин⁻¹. Компоновки МФОН собирались с разным числом ступеней и испытывались при подаче 400, 600, 800, 1000 м³/сут и содержании газа в ГЖС от 20 до 60 %.

Испытания показали, что при повышении содержания газа в ГЖС увеличивается число диспергирующих ступеней. Например, при подаче жидкости 1000 м³/сут и β = 50 % число диспергирующих ступе-

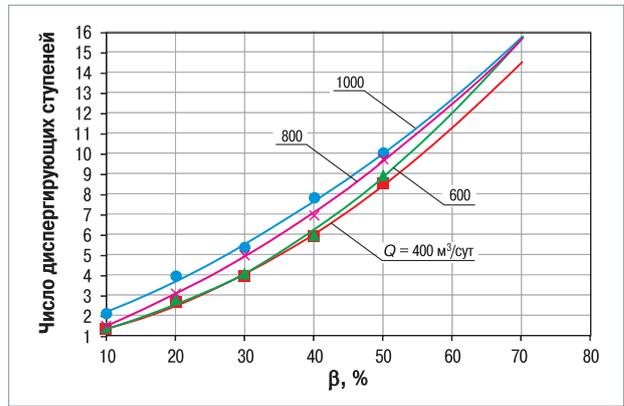


Рис. 3. Зависимость числа ступеней, не создающих напор (диспергирующих ГЖС), от газосодержания β и подачи жидкости Q

ней равно 8, при β = 60 % – 10 (рис. 3). По результатам испытаний можно предположить, что для перекачки ГЖС с содержанием газа 90 % требуется не менее 17 ступеней.

Испытание на максимальное газосодержание в ГЖС проводилось на стенде [1]. На первом этапе компоновка МФОН включала 17 ступеней, частота вращения вала – 2910 мин⁻¹. Перед началом испытаний была построена НРХ насоса при его работе на воде. Затем в систему подавался газ. Были получены точки, в которых содержание газа в ГЖС превышало 75 %. При газосодержании более 85 % насос переставал создавать напор. По результатам испытаний построена НРХ при газосодержании 75 и 85 % (рис. 4, а).

На втором этапе частота вращения была постепенно увеличена до 3880 мин⁻¹, чтобы добиться β = 90 % для лучшего диспергирования ГЖС [4, 5]. Перед началом испытаний была построена НРХ насоса при его работе на воде, затем удалось получить несколько

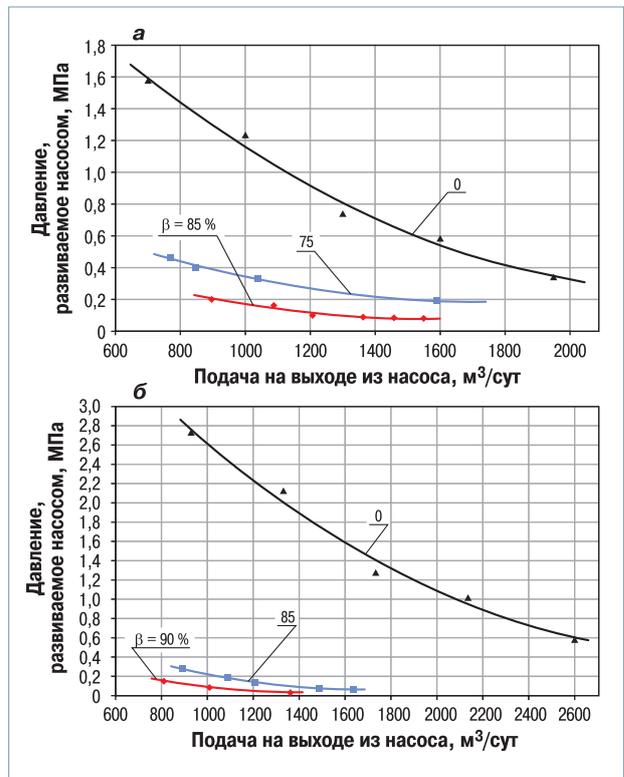


Рис. 4. Напорно-расходная характеристика МФОН с 17 (а) и 18 (б) ступенями при различном газосодержании β

точек, в которых содержание газа в ГЖС равнялось 90 % при положительном напоре. При газосодержании более 90 % насос переставал создавать напор. На третьем этапе число ступеней было увеличено от 17 до 18, чтобы определить, является ли 18 ступень диспергирующей. Перед началом испытаний была построена НРХ насоса при его работе на воде, затем получено несколько точек, в которых газосодержание в ГЖС равнялось 90 % (см. рис. 4, б). При дальнейшем увеличении газосодержания происходил срыв подачи.

При 17 ступенях (см. рис. 4, а) при подаче 1200 м³/сут и $\beta = 0$ давление, создаваемое насосом, равно 0,95 МПа, при $\beta = 85\%$ – 0,121 МПа. При 18 ступенях (см. рис. 4, б) МФОН при подаче 1200 м³/сут и $\beta = 85\%$ создавал давление 0,126 МПа. Следовательно, 18 ступень создает напор 0,05 МПа (как на воде) и не является диспергирующей. Отсюда можно сделать вывод, что последующие ступени будут создавать напор, как на воде. При этом первые 17 ступеней будут работать на ГЖС с $\beta = 90\%$ при подаче ГЖС, равной 1200–1250 м³/сут.

Выводы

1. Анализ результатов исследований показал, что 18 ступень и все последующие будут создавать напор как на однофазной жидкости (воде) при частоте вращения вала насоса 2910 мин⁻¹.

2. МФОН с 17 ступенями при частоте вращения 3880 мин⁻¹ перекачивает ГЖС с содержанием газа более 90 %.

3. Экспериментально подобранная компоновка МФОН сможет обеспечить перекачку ГЖС с содержанием газа 90 %.

Список литературы

1. Пат. № 2531090 РФ. Способ испытания газосепараторов на газожидкостных смесях и стенд для его осуществления / В.Г.Островский, М.О. Перельман, С.Н. Пещеренко.
2. Пат. № 2428588 РФ. Погружной мультифазный насос / М.П. Пещеренко, С.Н. Пещеренко [и др.].
3. Дроздов А.Н. Технология и техника добыча нефти погружными насосами в осложненных условиях. – М.: РГУ нефти и газа им. Губкина, 2008.
4. Пещеренко М.П., Перельман М.О., Пещеренко С.Н. Мультифазный диспергирующий насос // Нефтяное хозяйство. – 2014. – № 11. – С. 136–139.
5. Повышение эффективности эксплуатации УЭЦН путем применения мультифазных насосов / М.П. Пещеренко, О.М. Перельман, А.И. Рабинович, А.Л. Каплан // Бурение и нефть. – 2014. – № 4. – С. 56–60.

References

1. Patent no. 2531090 RF, *Method to test gas separators on gas-liquid mixtures and method for its realisation*, Inventors: Ostrovskiy V.G., Perelman M.O., Peshcherenko S.N.
2. Patent no. 2428588 RF, *Submerged multi-phase pump*, Inventors: Peshcherenko M.P., Peshcherenko S.N., Kobayakov A.E. et al.
3. Drozdov A.N., *Tekhnologiya i tekhnika dobychi nefi pogruzhnymi nasosami v oslozhnennykh usloviyakh* (Technology and engineering of oil production using submersible pumps under complicated conditions), Moscow: MAKSS press Publ, 2008, 312 p.
4. Peshcherenko M.P., Perelman M.O., Peshcherenko S.N., *Multiphase gas handler* (In Russ.), *Neftyanoe khozyaystvo = Oil Industry*, 2014, no. 11, pp. 136–139.
5. Peshcherenko M.P., Perelman O.M., Rabinovich A.I., Kaplan A.L., *Increase of ESP efficiency. multiphase pumps application* (In Russ.), *Burenie i nef't*, 2014, no. 4, pp. 56–60.