

6.3 Параметрическое моделирование многоступенчатых насосных установок с учетом изменений плотности ГЖС

Раздел подготовлен по материалам статьи: Проектирование и параметрическое моделирование многоступенчатых насосных установок // Ю.А.Сазонов, В.В.Муленко, Т.Н.Димаев, А.Ю.Балака // Ежеквартальный научно-технический журнал «УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ», №1, 2013 – С.60-61

Ключевые слова: проектирование, математическая модель, параметрическое моделирование, многоступенчатый насос, газожидкостная смесь.

С расширением области применения САПР активно развиваются технологии концептуального проектирования. Новые инструменты для параметрического моделирования позволяют более глубоко изучать рабочие процессы, происходящие в гидравлических машинах. Разработанные алгоритмы [1-3] дали определенное направление развитию теории динамических насосов, в частности при решении задач по перекачке газожидкостных смесей. В ходе исследований изучаются вопросы совместного проявления нескольких процессов, в том числе гидравлические потери давления на удар рассматриваются совместно с процессом частичного восстановления давления в выходном канале насоса. Реализуется программа численных экспериментов с 3-Д моделями динамических насосов, где одновременно проявляют себя два различных по природе процесса: лопастной рабочий процесс и вихревой рабочий процесс. На стыке двух областей знаний (по динамическим насосам и по объемным насосам) выявлена интересная зона, заслуживающая особого внимания, это зона объемно-динамических насосов. Рассматривая вопросы о распределении давления по длине многоступенчатого насоса, обращено внимание на

некоторое сходство процессов, имеющих место как в объемных насосах (винтовых насосах), так и в динамических насосах (центробежных многоступенчатых насосах). Для условий перекачки газожидкостных смесей (ГЖС) совместно рассматриваются вопросы теории насосов и вопросы теории компрессоров. В первую очередь была проанализирована схема так называемого идеализированного насоса для перекачки газожидкостных смесей. Далее решаются отдельные подзадачи, включая и попытки аналитически решить наиболее сложную задачу о влиянии пенности ГЖС. На рисунках 1 и 2 представлены некоторые результаты численных экспериментов (ЧЭ), выполненных с применением новых математических моделей. Особенность моделей заключается в том, что здесь более подробно рассмотрены насосные ступени, часто называемые «диспергирующими». Принято считать, что эти ступени не создают напор, а на входе и на выходе для этой группы ступеней давление одинаковое и равно давлению на входе насоса $P_{вх}$. Вместе с тем, среди «диспергирующих» ступеней, часто работающих в зоне пониженного давления, есть ступени, обеспечивающие повышение давления до уровня $P_{вх}$ (эти ступени создают напор). Учет этих слабых (в энергетическом отношении) процессов может оказаться весьма полезным для математического описания рабочего процесса насоса в целом. В данном примере, максимальное газосодержание $\beta_{max}=0,29$ (расчетное значение) превышает газосодержание на входе насоса $\beta_{вх}=0,11$. Объемный расход жидкости для представленного примера $Q_{жс}=0,0011$ м³/с.

Характеристику насосной ступени, по данным из каталога производителя, можно представить в виде зависимости напора H от подачи Q , как функцию $H = a*Q^3 + b*Q^2 + c*Q + d$. Коэффициенты a, b, c, d определяются конструктивными особенностями насосной ступени. При наличии дополнительной информации (при наличии гидродинамической схемы насосной ступени, с указанными геометрическими размерами) возможности для моделирования и численных экспериментов существенно расширяются, однако такая информация чаще оказывается закрытой.

Остается весьма актуальной работа по созданию новых математических моделей с учетом пенистости газожидкостной смеси, известно, что для количественной оценки пенистости используют параметр - $d_{кр}$ [4-5]. Но не все результаты физических экспериментов пока переведены в цифровой формат, и это затрудняет развитие теории гидравлических машин, и затрудняет решение прямых и обратных гидродинамических задач при проектировании насосов.

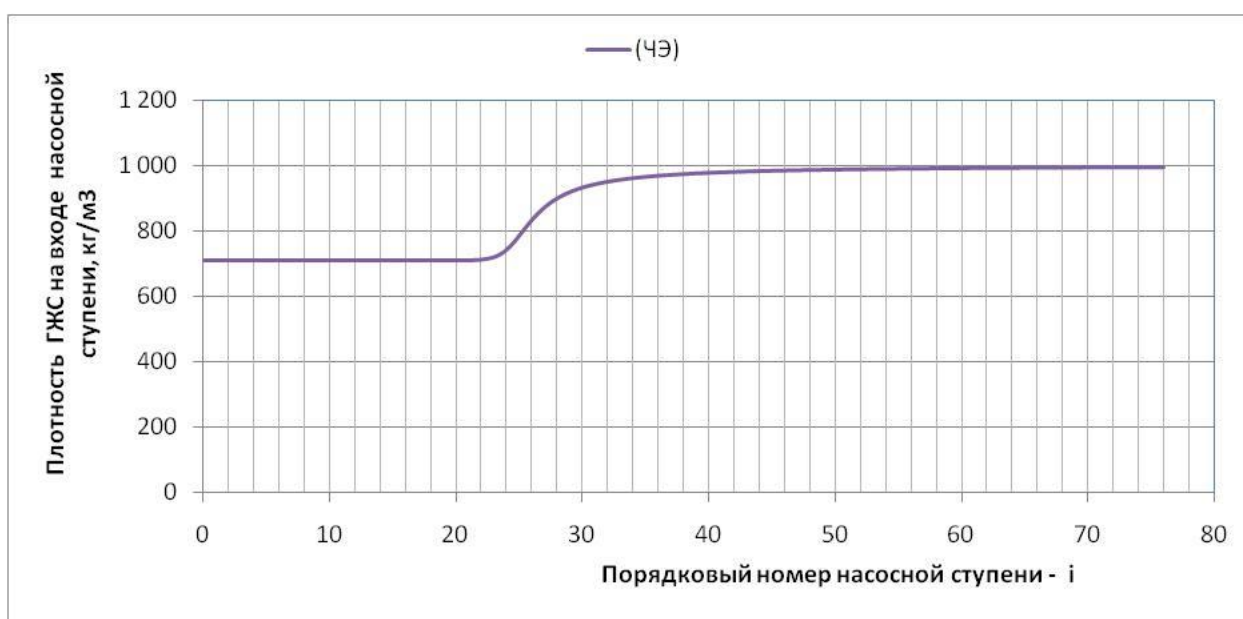


Рисунок 1 – Изменение плотности ГЖС по длине многоступенчатого насоса ЭЦН5-80; смесь «вода-ПАВ-газ» $d_{кр}=66$ мм; $P_{вх}=0,1$ МПа; $P_{вых}=1,798$ МПа.

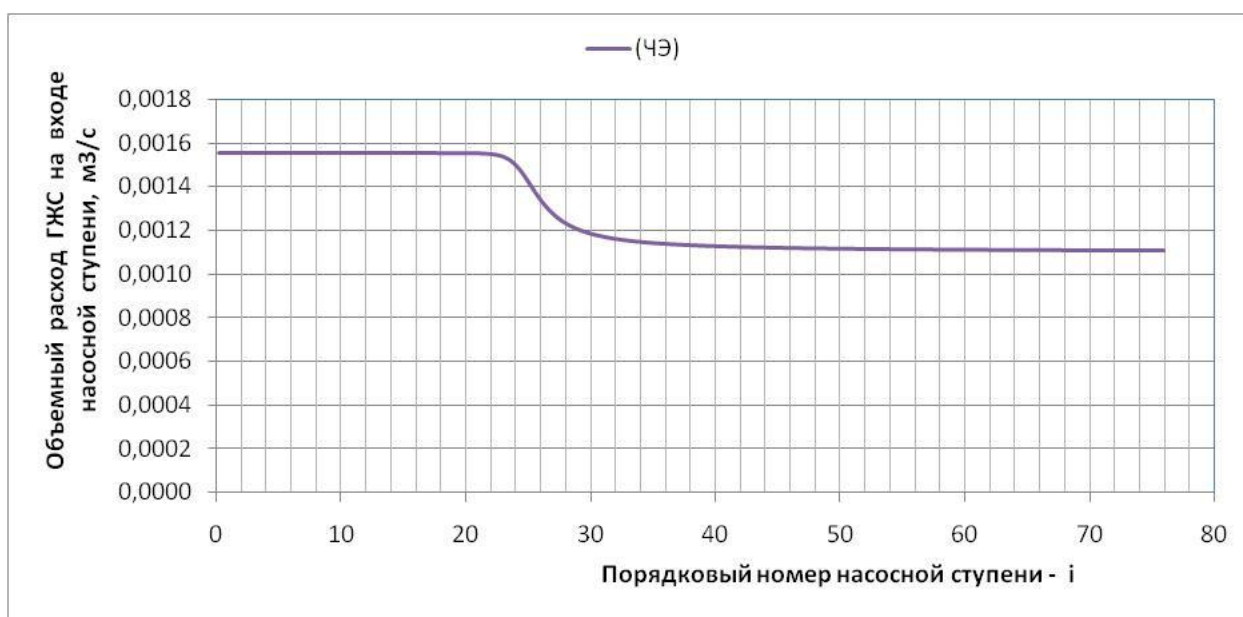


Рисунок 2 – Изменение объемного расхода ГЖС по длине насоса

ЭЦН5-80; смесь «вода-ПАВ-газ» $d_{кр}=66$ мм; $P_{вх}=0,1$ МПа; $P_{вых}=1,798$ МПа.

В приложении к запросам современной индустрии, развитие представленных работ позволяет повысить эффективность проведения физических экспериментов на существующих стендах и на новых, еще только проектируемых, стендах, что актуально для организации исследовательских и учебных работ. Для ранних стадий проектирования также оцениваются возможности применения пакетов программ SolidWorks, ANSYS совместно с базами данных Microsoft Office. Представленные разработки могут быть использованы при создании отдельных элементов базы знаний. Существенное значение имеют и вопросы распределения сил при организации совместных исследовательских работ, на данном этапе использована следующая схема: применение САПР для анализа многоступенчатых насосных систем; разработка математических моделей многоступенчатых систем; организация поисковых работ и разработка концепций.

По результатам выполненных работ можно сделать следующие промежуточные выводы. При изучении вопросов, о распределении давления по длине насоса, особое внимание стоит уделить зоне, где давление ниже давления на входе насоса (уже известные результаты физических экспериментов целесообразно дополнить и результатами численных экспериментов на различных режимах работы насосной системы). Для создания расчетных программ, совместимых с современными вариантами САПР, есть потребность в разработке специальных расчетных методов, для определения значений максимального газосодержания β_{max} , которое фиксируется в отмеченной зоне пониженного давления ($\beta_{вх} < \beta_{max}$). Учет слабых (в энергетическом отношении) процессов, происходящих в зоне пониженного давления, может оказаться весьма полезным для математического описания рабочего процесса насоса в целом.

Литература

1. Сазонов Ю.А. Варианты преобразований уравнения Эйлера и математическая модель первого уровня для центробежного насоса // Бурение и нефть. – 2008. №10. - С. 33-35.
2. Сазонов Ю.А. Методология конструирования насосных установок. / Труды РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина - 2, 2010. - С.94-100.
3. Сазонов Ю.А., Муленко В.В., Балака А.Ю. Компьютерное моделирование и развитие методологии конструирования динамических насосов и машин // Территория НЕФТЕГАЗ – 2011 - №10. – С. 34-36.
4. Дроздов А.Н. Разработка методики расчета характеристики погружного центробежного насоса при эксплуатации скважин с низкими давлениями у входа в насос // Дисс. канд. техн. наук. – М.: МИНХ и ГП им. И.М. Губкина, 1982. – 212 с.
5. Игrevский В.И. Исследование влияния газовой фазы на характеристику многоступенчатого центробежного насоса при откачке газожидкостных смесей из скважин // Дисс. канд. техн. наук. – М.: МИНХ и ГП им. И.М. Губкина, 1977.- 191 с.