

УДК 621.6

**Ю.А. Сазонов**, д.т.н., e-mail: ysaz60@mail.ru; **В.В. Муленко**, к.т.н., РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина; **А.Ю. Балака**, инженер, DET NORSE VERITAS AS

## НАСОСЫ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ДВИГАТЕЛИ ОБЪЕМНО-ДИНАМИЧЕСКОГО ТИПА ДЛЯ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Развитие гидравлических машин до настоящего времени активно ведется только по двум главным направлениям – это объемные и динамические машины. Однако в настоящее время особый интерес могут представлять и машины объемно-динамического типа, а это связано с необходимостью создавать специальные насосы и гидравлические двигатели для осложненных условий добычи нефти и газа. В процессе компьютерного моделирования с применением модулей кинематики и гидродинамики были проведены численные эксперименты на модели объемно-динамического насоса в зависимости от частоты вращения и вязкости жидкости.*

Так исторически сложилось, что гидравлические машины разделили только на два основных типа, и все развитие этой техники продвигалось соответственно по двум главным направлениям, речь идет об объемных и динамических гидравлических машинах.

Сейчас для добычи нефти требуются специальные насосы, способные перекачивать многофазные среды высокой вязкости при наличии твердых частиц в потоке. Объемные роторные насосы раньше предназначались только для перекачки чистых жидкостей, и такую известную оценку этим машинам можно увидеть в технической литературе. Но в настоящее время, когда стало доступным использование твердых сплавов для изготовления насосов, практически все изготовители объемных роторных насосов заявили о своих возможностях производить насосы для добычи нефти в осложненных условиях (в том числе можно назвать одновинтовые, двухвинтовые, зубчатые с внутренним зацеплением, пластинчатые насосы).

В таком случае, можно допустить и такой вывод, что дело не в конструкции насоса, а только в дорогостоящем уникальном материале. И в этом случае

целесообразно рассмотреть и другие типы насосов, которые при использовании качественных материалов проявят свои уникальные возможности. Значит, в сложившейся ситуации на рынке нефтяных насосов целесообразно оценивать технику и по расходу дорогостоящих материалов, и по цене насосной установки, и по эксплуатационным расходам в целом.

В этой связи можно вспомнить еще одно направление развития насосной техники (помимо объемных и динамических насосов), которое в России было фактически забыто [1, 2], речь идет о насосах объемно-динамического типа.

Можно привести номера патентов, чтобы отразить историческое развитие этих машин в США с 1918 г. по настоящее время [3–8]. Но, как сейчас выясняется, авторы активно продвигались только по одному из возможных направлений развития этих машин. Современное математическое моделирование показывает, что область применения этого класса машин может быть многократно расширена.

Эти машины имеют серьезные преимущества перед известными роторными машинами. Здесь, в насосах объемно-

динамического винтового типа, отсутствуют зубчатые зацепления, отсутствуют детали, у которых центр масс движется по орбитальным траекториям, а значит, отсутствуют условия для возникновения вибрации и последующего ускоренного износа деталей (независимо от того, какой материал используют для изготовления деталей), практически отсутствуют ограничения для увеличения частоты вращения ротора. Из-за малых габаритов деталей открываются перспективы создания гидроприводных установок такого типа, и спуск насосной установки можно будет проводить внутри колонны НКТ без проведения подземного ремонта (при наличии преимуществ перед известными гидроприводными установками). В этом случае также открываются уникальные возможности для оперативной замены или регулировки насоса, вслед за меняющимися условиями в пластах и в скважине в целом. Новая теория работы гидравлических машин объемно-динамического винтового типа сейчас активно разрабатывается в РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина [9]. Математическое моделирование позволило найти новые пути для развития насосов

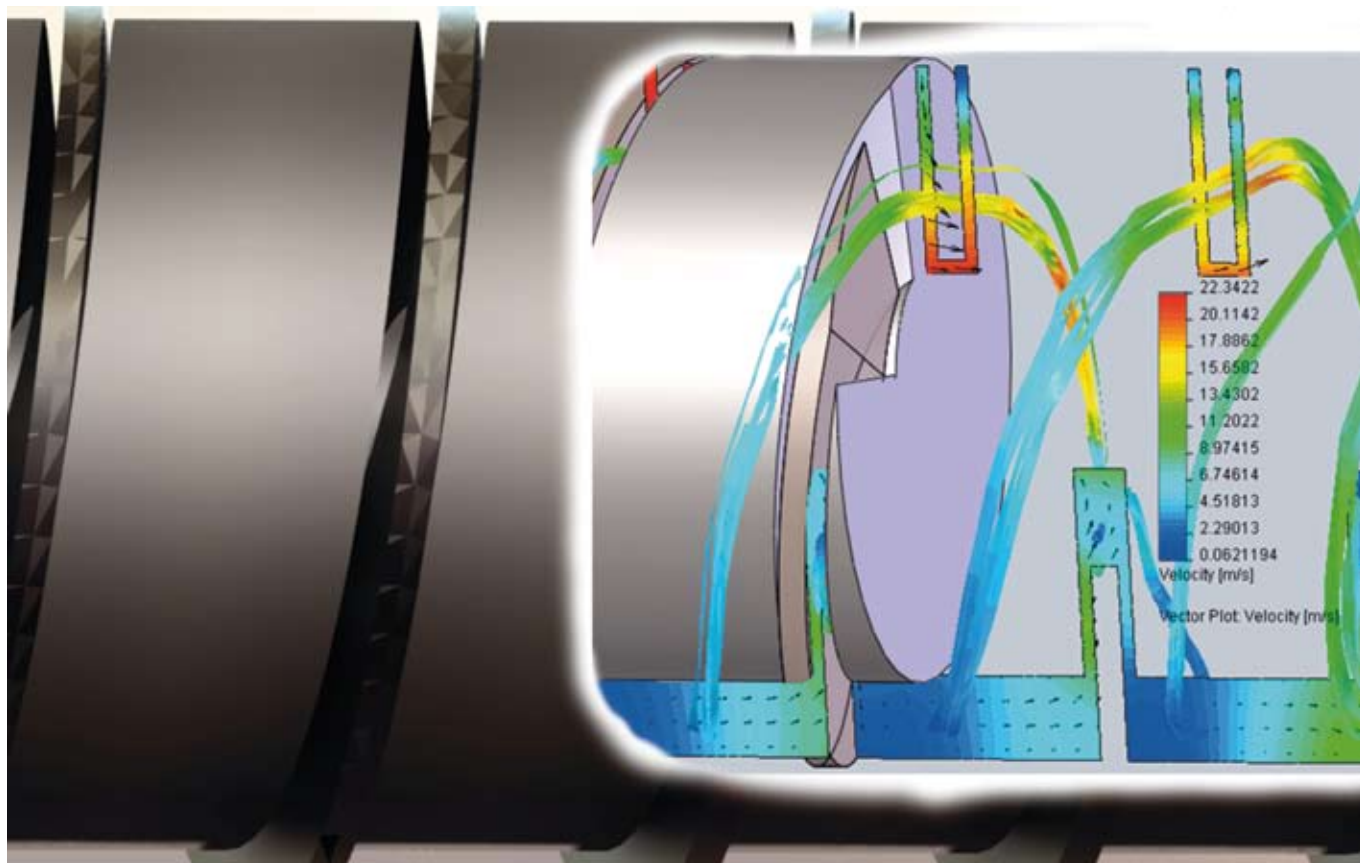


Рис. 1. Результаты компьютерного моделирования в среде Flow Simulation

такого типа. Если в качестве туннельного параметра взять безразмерный параметр «е» – эксцентриситет между осью ротора и осью статора, то подтверждается известная возможность перехода из области объемных насосов ( $e = 1$ ) в область динамических насосов ( $e = 0$ , в частности, для варианта шнекового насоса).

Область такой техники, где параметр «е» меняется в диапазоне от 0 до 1, остается пока практически неизученной. Численные эксперименты с некоторыми вариантами новых насосов показали, что новые высокооборотные насосы вполне могут составить конкуренцию существующим образцам насосной техники.

В процессе компьютерного моделирования с применением модулей кинематики и гидродинамики были проведены численные эксперименты по определению предельного давления и величины утечек жидкости из напорной магистрали во всасывающую, нахождению минимального зазора в рабочих органах объемно-динамического насоса в зависимости от частоты вращения и вязкости жидкости. При моделировании для экспериментальной машины задавали

наиболее жесткие условия работы. Оценивались также условия для перекачки сред с твердыми включениями. На этом этапе работ главное внимание уделялось высокооборотным машинам. Исследования проводились с использованием модуля гидрогазодинамического анализа Flow Simulation, предоставляющего широкий набор инструментов для численного моделирования изделий, и интегрированного непосредственно со средой разработки изделия SolidWorks.

Универсальная единая среда проектирования и анализа SolidWorks в течение ряда лет остается одним из лидеров в сегменте массовых продуктов. Она сочетает в себе функциональность, покрывающую абсолютное большинство типовых проблем. Все инструменты носят характер универсальных интегрированных систем анализа, использующих единый удобный интерфейс пользователя. Как показывает практика решения реальных задач в области ма-

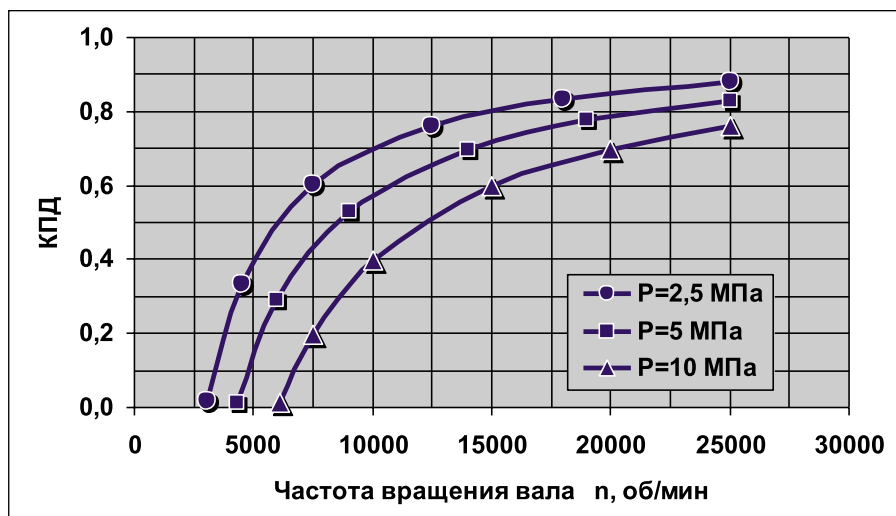
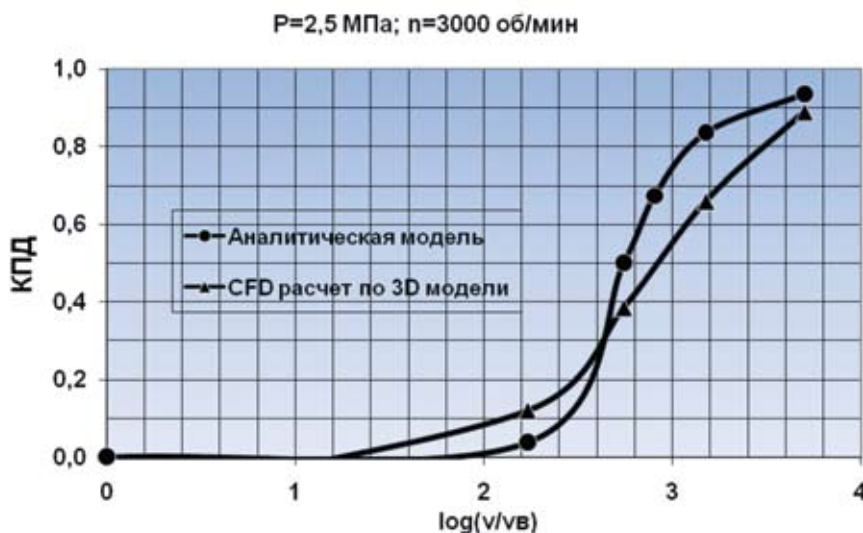


Рис. 2. Результаты численных экспериментов для условий перекачки воды и других маловязких сред



**Рис. 3. Результаты аналитического и численного экспериментов для условий перекачки сред с различной вязкостью**

шиностроения, использования базовых инструментов SolidWorks вполне достаточно.

Наряду с другими программными продуктами в этой области инженерного анализа в Flow Simulation используется метод конечных объемов. Наличие в данном модуле возможности ручной настройки размера расчетной сетки помимо автоматической позволяет добиваться приемлемой точности результатов за счет управления дополнительным дроблением сетки на геометрических особенностях исследуемой системы. Возможности Flow Simulation, базирующиеся на последних достижениях вычислительной газо- и гидродинамики, позволяют рассчитывать широкий круг различных течений [10] и гармонично сочетаются с функциональностью для решения поставленных в данной статье задач – моделирования рабочего процесса насосов, турбин, шнеков, вентиляторов и «проливки» гидроустройств.

Для визуализации Flow Simulation имеет полный инструментарий, ставший уже стандартом для приложений такого рода. В него входят просмотр физических параметров, исследуемой среды на выбранной поверхности или выбранном объеме в виде эпюр в сечениях, на поверхностях, распределения результатов по потокам текучей среды, визуализации линий тока, расчета движения частиц и др. Пример представления результата расчета для экспериментальной секции объемно-динамического насоса показан на рисунке 1. Кроме того, есть возможность экспорта полученных данных в Microsoft Excel.

Использование инновационной технологии с применением CFD-комплекса позволило в короткие сроки без использования (на начальном этапе) натуральных экспериментов выбрать оптимальный вариант конструкции.

На рисунке 2 представлены некоторые расчетные характеристики одной секции

экспериментального насоса, при изменении частоты вращения вала насоса.

С повышением вязкости рабочей среды область применения новых машин существенно расширяется. Подобран пример, представленный на рисунке 3, с расчетами, выполненными по аналитической и численной (CFD-комплекс Flow Simulation) моделям, где наиболее наглядно отражено влияние вязкости на эффективность рабочего процесса (где  $v$  – вязкость среды;  $v_v$  – вязкость воды). Увеличение вязкости в тысячу раз сопровождается значительным повышением КПД, что объясняется уменьшением потерь мощности при рециркуляции жидкости в рабочей камере насоса. Хотя подходы к созданию математических моделей и конструкций машин находятся в стадии формирования, но уже можно сказать, что направление работ весьма интересно и с научной, и с практической точки зрения. Многоступенчатые насосы и гидравлические двигатели новой конструкции существенно расширяют возможности для повышения эффективности добычи нефти.

Компьютерное моделирование показало, что помимо скважинных насосов с применением рассмотренных технических решений можно создавать и наземное энергосберегающее оборудование для систем ППД и систем сбора и подготовки нефти и газа.

Видится весьма перспективным развитие научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по гидравлическим машинам объемно-динамического винтового типа, для добычи нефти и для бурения скважин, в том числе и для условий разработки месторождений на континентальном шельфе.

### Литература:

1. Авторское свидетельство на изобретение СССР № 284616. Винтовой насос. Опубликовано 14.10.1970.
2. Авторское свидетельство на изобретение СССР № 401825. Винтовой насос. Опубликовано 12.10.1973.
3. United States Patent: 1295068. Compressor. Date of Patent: Feb. 18, 1919.
4. United States Patent: 2527536. Rotary screw pump. Date of Patent: Oct. 31, 1950.
5. United States Patent: 3853434. Positive displacement rotary machine. Date of Patent: Dec. 10, 1974.
6. United States Patent: 4875842. Axial flow fluid compressor. Date of Patent: Oct. 24, 1989.
7. United States Patent: 5174737. Fluid compressor with spiral blade. Date of Patent: Dec. 29, 1992.
8. United States Patent: 6074184. Pump utilizing helical seal. Date of Patent: Jun. 13, 2000.
9. Патент на полезную модель РФ № 106678. Винтовая машина. Опубликовано: 20.07.2011.
10. Алямовский А. А., Одинцов Е. В., Пономарев Н. Б. и др. SolidWorks 2007/2008. BHV, 2008. – 1040 с.

**Ключевые слова:** насос, конструирование, численный эксперимент, характеристика, трехмерная модель, нефть, вязкость.





# АРМ ГАРАНТ



## Электроприводы ЭВИМТА

для задвижек  
Ду 50 - 1200 мм



## Пневмоприводы ПСДС для шаровых

кранов Ду 300 - 1000 мм

**Монтажные,  
пусконаладочные,  
ремонтные работы**  
на объектах нефтегазового  
комплекса



**450059, г. Уфа, ул. Р. Зорге, 35**  
**тел./факс: (347) 223-74-15, 223-74-17**  
**e-mail: [armgarant@ufamail.ru](mailto:armgarant@ufamail.ru)**  
**[www.armgarant.ru](http://www.armgarant.ru)**