

ОТ АРБЫ ДО ВСТО

ИЛИ О ВКЛАДЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ГРУППЫ ГМС В РАЗВИТИЕ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА НЕФТИ

О добыче нефти известно с VIII века. По мере роста спроса на нефть изыскивались новые способы ее извлечения из недр. Примерно в XV веке широкое применение получил колодезный способ.

«Устроить от нефтяных колодцев к заводу и от завода к морю особые трубы для проведения нефти как на завод, так и на морские суда» — эту мысль Дмитрия Ивановича Менделеева, опубликованную еще в 1863 году, по-видимому, и можно считать моментом зарождения системы трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов в России. По словам Дмитрия Ивановича, американцы данную идею «будто подслушали» и первые нефтепроводы появились в США. В России же сырая нефть с мест добычи на заводы продолжала еще какое-то время доставляться в бочках на арбах.

Придя к убеждению, что «первой жертвой на алтаре усовершенствований должна пасть арба с бурдюком и верблюдом», в 1878 году братья Нобели решили «водворить на замену им железный трубопровод с паровыми насосами». С этого момента начался и процесс эволюции насосного оборудования для перекачки углеводородов.

Знаковым событием в развитии трубопроводного дела в России стало сооружение в 1897 году первого магистрального нефтепродуктопровода. По тем меркам это был крупнейший в мире керосинопровод Баку–Батуми. Однако активное развитие магистрального трубопроводного транспорта нефти началось только с начала 50-х годов прошлого столетия.

Н.Н. ЯМБУРЕНКО

Академик Российской инженерной академии, заместитель генерального директора ООО «УК «Группа ГМС»

И.Б. ТВЕРДОХЛЕБ

К.т.н, директор по НИОКР ООО «УК «Группа ГМС»

Г.В. ВИЗЕНКОВ

Инженер, начальник отдела координации научно-технической деятельности ООО «УК «Группа ГМС»

Свой вклад в становление и развитие нефтепродуктопроводов внесли ведущие в России и странах СНГ насосостроительные предприятия, которые в настоящее время входят в структуру машиностроительного и инжинирингового холдинга ОАО «Группа ГМС». В 60-е годы прошлого столетия ими создана широкая линейка насосов для транспортировки нефти и нефтепродуктов: магистральные насосы типа НМ, вертикальные и горизонтальные подпорные насосы НПВ и НМП, насосы откачки утечек НОУ и другие. Указанные типы насосов до настоящего времени продолжают успешно эксплуатироваться на магистральных трубопроводах.

Важным этапным событием в создании насосного оборудования для нефтепроводов явилась разработка насосных агрегатов для трубопроводной системы Восточная Сибирь — Тихий океан (ВСТО-1 и ВСТО-2) ОАО «АК «Транснефть». Решение данной задачи явилось сложнейшей технической и организационной проблемой [1]: достаточно сказать, что давление в трубопроводе достигает 10 МПа, соответственно, потребовалось увеличить мощность насосного оборудования (до 12 МВт), отрегулировать производительность нефтепровода за счет изменения частоты вращения роторов насосов.

В реализации проекта по созданию принципиально новых насосных агрегатов для ВСТО был применен комплексный подход:

1. В проекте приняли участие ведущие отечественные и зарубежные производители: Voith Turbo, Siemens, EagleBurgmann, НПО «ЭЛСИБ», ОАО «ВНИИАЭН», ПАО «Насосэнергомаш» и другие. Интегрированное управление проектом со сквозным контролем осуществлялось единым центром — проектной командой Группы ГМС.
2. Внедрено проектное управление процессами на всех этапах жизненного цикла изделий. При этом эффективному решению задач способствовали современные программные инструменты, объединяющие средства управления информацией об изделиях, трехмерного твердотельного моделирования, конечно-элементного анализа, вычислительной гидродинамики и автоматизированной разработки технологической документации: PDM Search, ERP, Solidworks, Pumplinx, Ansys, Techcard, PowerMill.

Одним из важных факторов достижения высокого технологического уровня оборудования явилась разработанная ОАО «АК «Транснефть» собственная норма-

РИС.1. СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ГРУППЫ ГМС



тивная база в виде общих и специальных технических требований (ОТТ и СТТ). Реализация данных требований обеспечила достижение технического уровня насосных систем, который сопоставим с уровнем мировых производителей.

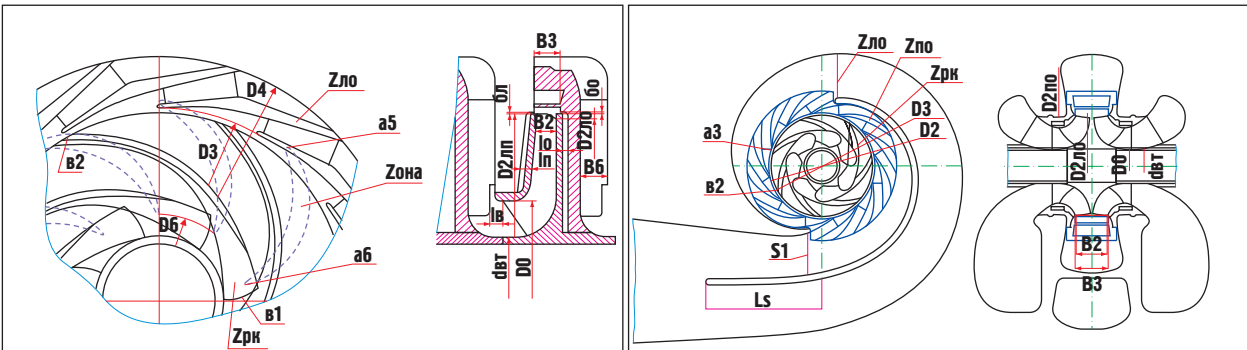
Качество изделий было обеспечено современной технологией изготовления с использованием высокотехнологичного оборудования: станков и обрабатывающих центров SCHIESS, DOOSAN, DEMAG, SCHENK, SODIK (рис.1).

В последние годы особую остроту получила проблема энергосбережения. Как известно, для решения этой проблемы Europtm разработал показатель мини-

мального индекса эффективности MEI для насосов. В то же время со стороны департамента энергетики США было предложено ввести специальный единый показатель, который бы обязал и производителей насосного оборудования, и владельцев гидравлических систем снизить энергопотребление. Т.е. предполагается, что должен быть один комплексный показатель для системы, а не отдельно для насоса, как в Европе, т.к. два показателя могут противоречить друг другу.

В этой связи, Hydraulic Institute (HI), который объединяет на правах членов ассоциации Северо-Американские насосостроительные предприятия, создал несколько комиссий по работе над данной проблемой.

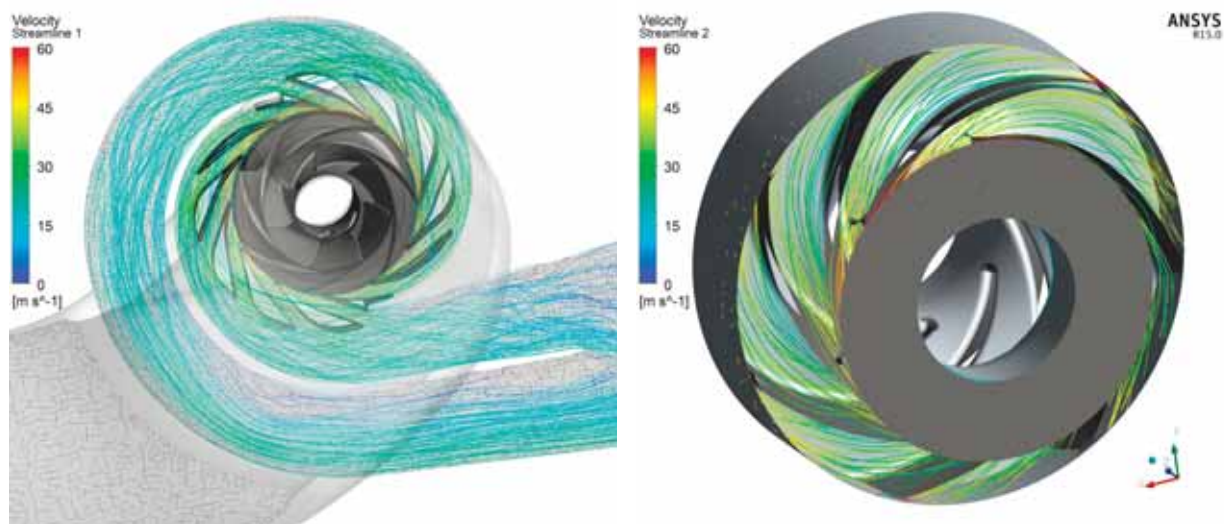
РИС.2. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСА



Характеристики	Геометрические параметры														Прочие
	$\frac{D_0}{D_2}$	$\frac{d_{вт}}{D_0}$	$\frac{B_2}{D_2}$	v2	a3	a5	$\frac{D_{2но}}{D_{2пн}}$	$\frac{L_s}{D_0}$	$\frac{B_3}{B_2}$	$\frac{D_3}{D_2}$	$\frac{Z_{рк}}{Z_{ло}}$	$\frac{Z_{рк}}{Z_{по}}$	$\frac{S_1}{S_2}$	Ls	
Экономичность	Red	Red	Red	Green	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Крутизна напорной характеристики	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Стабильность напорной характеристики	Yellow	Yellow	Red	Red	Green	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
Форма характеристики мощности	Green	Green	Red	Red	Yellow	Red	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Интенсивность возбуждающих сил и моментов	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Green	Green	Yellow
Кавитационные качества	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green



РИС.3. КАРТИНА ТЕЧЕНИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ НАСОСА



Сейчас еще нет окончательного решения по этому показателю, хотя активно обсуждается такая величина, как PER, представляющая собой некую осредненную мощность, потребляемую насосом при 25%, 50%, 75%, 100% подаче.

В этом вопросе НИ также очень тесно работает с национальным институтом стандартизации ANSI — многие стандарты НИ являются национальными стандартами ANSI/НИ, что практически является движущей силой для активного участия различных компаний-конкурентов совместно с НИ в подготовке введения единого комплексного показателя для системы.

Проблема энергосбережения, безусловно, является сложнейшей задачей, она актуальна и требует объединения интеллектуальных и финансовых ресурсов многих заинтересованных участников. Применительно к нефтепроводным системам ВСТО-1 и ВСТО-2, благодаря тесному взаимодействию ОАО «Гипротрубопро-

вод» и ОАО «Группа ГМС», задача энергосбережения практически решена за счет введения в насосы сменных проточных частей [2], позволяющих достигать максимально возможных КПД на всех планируемых режимах работы нефтепровода, а в совокупности с регулированием частоты вращения роторов насосов частотными преобразователями либо гидромuftами решать задачу оптимизации перекачки на текущих режимах [3].

В предлагаемом Группой ГМС насосном оборудовании реализованы как известные классические технические решения, так и решения, полученные в результате проведенных в предшествующие 50 лет НИР и ОКР. На рис.2 представлено качественное влияние отдельных геометрических параметров конструктивных элементов на основные характеристики насосов. Учет влияния данных факторов на стадии проектирования позволяет создавать изделия оптимальной конструкции и достигнуть максимального уровня экономичности и надежности. В

РИС.4. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ГРУППЫ ГМС



РИС.5. ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОЕКТОВ



этих целях используются современные программные средства, разработаны различные корпоративные стандарты, методики и программы.

Одним из основных показателей технического уровня насосного оборудования является энергоэффективность, определяемая в основном совершенством его проточной части. Поэтому задача опережающей обработки соответствующих проточных частей на базе экспериментальных исследований и с помощью современных численных методов CFD (рис.3) была первоочередной. В настоящее время предприятиями Группы ГМС накоплена база проточных частей (подводы, первые и промежуточные ступени, предвключенные шнекоцентробежные ступени, отводы) в диапазоне быстроходностей $n_s = 30-300$.

Надежность созданного оборудования опирается на численные и экспериментальные исследования основных факторов влияния на работоспособность конструкции:

- гидравлических радиальных сил, действующих на ротор с различными отводящими устройствами;
- осевых сил, действующих на ротор и уравнивающих устройств;
- динамических характеристик роторов, включая анализ собственных частот и крутильных колебаний;
- расчет температурных полей и термонапряженного состояния деталей и узлов насосов, включая режимы термоударов;
- расчет и экспериментальная отработка опорно-упорных подшипников скольжения, включая их работу на перекачиваемой среде, отработка торцовых уплотнений и пластинчатых муфт.

Для подтверждения работоспособности и ожидаемых характеристик создаваемых насосных агрегатов сооружен уникальный испытательный комплекс (рис.4), обеспечивающий возможность проведения испытаний на натуральных оборотах, всех требуемых режимах работы, включая аварийные. При этом используются штатные системы жизнеобеспечения и комплектующие: электродвигатели, бустерные насосы, регуляторы скорости вращения ротора насоса (ЧРП или гидромолы), системы охлаждения, маслосистемы, системы поддержания теплового режима и компенсации объема, системы запирания торцовых уплотнений и др.

Общая характеристика испытательного комплекса:

- мощность электрическая — 25 МВА;
- напряжение — 10 кВ;
- производственная площадь — 3 тыс. м².

В результате решения изложенной выше задачи и примененных при этом организационных принципов созда-

ны и в настоящее время успешно эксплуатируются (рис.5):

- магистральные насосные агрегаты типа НМ — с подачей (Q) до 12000 м³/ч, мощностью (P) до 12 МВт, с преобразователями частоты для нефтепровода ВСТО-1;
- магистральные насосные агрегаты типа НМ — с подачей Q до 9150 м³/ч, P до 8 МВт, с гидромолы для нефтепровода ВСТО-2;
- магистральные насосные агрегаты типа НМ — с подачей Q до 7500 м³/ч, P до 5,5 МВт, с преобразователями частоты для нефтепровода Пурпе—Самотлор;
- горизонтальные подпорные насосы типа НГПН-М — с подачей Q до 4000 м³/ч, P до 1,6 МВт для нефтепровода Усть-Луга.

Уровень экономичности насосов соответствует максимально достижимому в мировой практике. При этом значительно повышены качество и надежность насосных систем. Достаточно сказать, что наработка на отказ — 40 тыс. часов, ресурс — 63 тыс. часов, срок службы — 40 лет. Для обеспечения параметров и экономичной работы на разных стадиях развития нефтепровода насосы оснащены сменными проточными частями, а применение в подпорных насосах шнекоцентробежных ступеней обеспечивает высокую всасывающую способность.

Результаты натурных испытаний и достигнутый технический уровень созданных для указанных выше нефтепроводов насосных агрегатов, накопленные знания и опыт проектирования свидетельствуют о том, что потенциал направлений совершенствования рассматриваемой техники далеко не исчерпан.

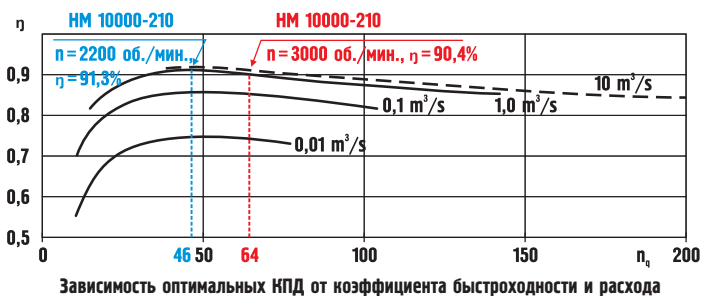
В частности, ранее при создании изделий одним из определяющих факторов было принято считать фактор первоначальной стоимости изделия, а стоимость его жизненного цикла во внимание практически не принималась. Это обстоятельство приводило к стремлению создавать изделия с минимальными весогабаритными характеристиками за счет выбора более высоких частот вращения относительно оптимальных [4] (рис.6).

Такие решения, естественно, сопряжены с определенным занижением экономичности и кавитационных качеств создаваемых насосов. Так, проведенный нами анализ характеристик магистральных насосов НМ 10000-210, которые много лет эксплуатируются на действующих нефтепроводах, свидетельствует о том, что их КПД и кавитационные качества действительно могут быть улучшены в случае создания насоса на оптимальные обороты, в данном случае — на более низкие обороты. В свою очередь, повышение кавитационных качеств позволяет увеличить полезный перепад

РИС.6. ГРАФИК ЗАВИСИМОСТИ ОПТИМАЛЬНОГО КПД ОТ УДЕЛЬНОЙ БЫСТРОХОДНОСТИ И РАСХОДА, ПРИЗНАННЫЙ ВСЕМИ ВЕДУЩИМИ МИРОВЫМИ КОМПАНИЯМИ

Характеристики насоса НМ 10000-210

п, об./мин. = 3000	п, об./мин. = 2200
Q, м³/ч = 10000	Q, м³/ч = 10000
H, м = 210	H, м = 210
КПД, % = 90	КПД, % = 91,3
NPSHR, м = 65	NPSHR, м = 35



НЕФТЕГАЗОВАЯ ВЕРТИКАЛЬ

www.ngv.ru

В ПАУТИНЕ НЕФТИ И ГАЗА

Точка зрения

АНАЛИТИКА

Новости

Поиск по архивам

Календарь выставок и конференций

ПОДПИСКА

давления на линейном участке между соседними станциями и тем самым увеличить производительность действующих нефтепроводов или увеличить расстояние между станциями на строящихся нефтепроводах.

В то же время снижение оборотов насосов связано с увеличением их весогабаритных характеристик, необходимостью применения мультипликаторов или специальных электродвигателей с частотными преобразователями, увеличением масс и площадей фундаментов и др. Таким образом, при выборе насоса, в частности, при выборе частоты вращения, необходим строгий учет всех факторов, влияющих на стоимость жизненного цикла изделий. Что касается конкретно приведенного примера с насосом НМ 10000-210, то предварительная оценка стоимости его жизненного цикла свидетельствует о том, что вариант насоса с более низкими оборотами является предпочтительным.

Вместе с тем утверждать, что этот вывод справедлив и для насосов с другим сочетанием параметров, нельзя. В частности, при создании насосного агрегата на подачу до 12000 м³/ч с напором до 380 м проведенный расчет стоимости его жизненного цикла с учетом всех упомянутых выше факторов показал, что принятая в проекте частота его вращения 3000 об/мин ($nq=46$) является оптимальной. Такой результат может быть получен и в ряде других случаев, особенно с подачами менее 7000 м³/ч. При этом, когда кавитационные качества принципиально влияют на стоимость жизненного цикла изделия, их улучшение возможно и за счет других технических решений. В частности, за счет установки предвключенных колес (шнеков). И такое решение неоднократно проверялось, в том числе и на магистральных насосах типа НМ на действующих нефтепроводах.

Но это уже процесс дальнейшего совершенствования насосов и трубопроводных систем в целом. Научно-технические и инженерные центры Группы ГМС работают над данными направлениями, что дает возможность утверждать, что путь «от Арбы до ВСТО» может быть продлен, а эффективное взаимодействие насосостроителей и проектантов трубопроводных систем способствует достижению наилучших результатов.

Литература:

- Igor Tverdohle, Grigory Vizenkov, Alexander Biryukov. Oil pipeline from Siberia to the sea. WORLD PUMPS May 2012.
- Бирюков А.И., Князева Е.Г., Руденко А.Ал., Твердохлеб И.Б., Бэккер Л.М. О способах эффективной эксплуатации магистральных насосов при переменных режимах работы нефтепровода. Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. №4(12), 2013.
- Aleksandr Birukov, Elena Knyazeva, Arkady Ivanyushin, Andrew Rudenko, Igor Tverdokhle. Increasing pump performance. Pump Engineer. №9, 2012, p.36–39.
- H.H.Anderson, Efficiency majoration formula for fluidmashines, 1970.



СПЕЦИАЛИСТАМ

НЕФТЕГАЗОВОЙ

ОТРАСЛИ

Берегите себя!

НОВЫЙ УРОВЕНЬ ЗАЩИТЫ >

- > ОТ ОТКРЫТОГО ПЛАМЕНИ
- > ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ
- > ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА
- > ОТ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

119002, Москва, Карманицкий переулок, д.9
Тел.: (495) 956-04-18/19, Факс: (495) 502-95-30
energo@energocontract.ru, www.energocontract.ru

