

Мультифазные винтовые насосные установки повышенной производительности для перекачки нефтегазовых смесей

Юрий Коротаев, Дмитрий Голдобин, Николай Мялицин, Анатолий Субботин (ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент»)

Винтовой насос был изобретен и запатентован французским инженером Рене Муано в 1930 году. Отсутствие клапанов, объемный характер насоса сделали винтовые насосы незаменимыми при перекачке высоковязких растворов, жидкостей с большим содержанием газовой фазы и абразивных частиц. В течение длительного периода времени винтовые насосы претерпевали различные изменения в конструкции привода, уплотнений, длине насосной секции, схем подвода и отвода жидкости. Неизменным оставалось одно – заходность винтовой насосной секции 1:2.

В 1966 году во ВНИИБТ и его Пермском филиале коллектив авторов под руководством Самуила Никомарова впервые в мире предложил и запатентовал винтовой забойный двигатель, в котором в качестве рабочих органов был использован многозаходный винтовой героторный механизм, выполняющий функцию планетарного редуктора. Далее это изобретение было распространено на винтовые насосные секции создавались как альтернатива импортным однозаходным, и это не случайно, ведь при одинаковых габаритах с однозаходными многозаходные насосные секции обладают большим объемом, уменьшенным эксцентриситетом, пониженным межкамерным давлением.

В последние годы значительно выросла потребность в наземных мультифазных насосных установках (МФНУ) для перекачки водно-газо-нефтяных смесей, в которых используются многозаходные винтовые секции. Мультифазные насосные установки позволяют:

- перекачивать без пульсаций и эмульгирования газожидкостные смеси с содержанием газа до 80%;
- производить перекачку всей скважинной продукции (нефть, вода, попутный газ) напрямую на УППН, минуя ДНС;
- снизить капитальные и текущие затраты на оборудование для промежуточной перекачки нефти;
- погасить факелы сжигания попутного нефтяного газа и использовать его в технологических целях на УППН;
- снизить давление на устьях скважин, увеличить нефтеотбор и снизить напряженность работы погружных насосов;
- перекачивать вязкие нефти без предварительного подогрева;
- перекачивать нефти с высоким содержанием мехпримесей;
- с высокой эффективностью производить закачку водных и водно-газовых смесей в систему поддержания пластового давления в системах адресной закачки в нагнетательные скважины.

Анализ напорных характеристик винтовых насосов ведущих зарубежных производителей, а также требования потребителей МФНУ в России и странах СНГ в насосных установках повышенной производительности показывают, что уже сегодня на рынке востребованы установки производительностью до 320 м³/час, выдерживающие давление до 10 МПа.

ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент» является ведущей организацией в России по разработке, производству и сервису винтовых забойных двигателей и винтовых насосов с многозаходными рабочими органами. Система менеджмента качества сертифицирована

Американским нефтяным институтом API на соответствие стандартам ISO 9001:2008: ISO/TS 29001, API спецификации Q1.

В 2012 году ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент» приступило к разработке и производству мультифазных винтовых насосных установок повышенной производительности. При проектировании высокопроизводительных насосных установок учитывались требования заказчиков по решению конкретных задач, большое внимание уделялось повышению надежности оборудования, а также снижению затрат на его ремонт и сервис в процессе эксплуатации.

Сравнение технических характеристик, разработанных насосных установок с характеристиками винтовых насосов, производимых другими компаниями, приведено в таблице.

На рис. 1 показан общий вид мультифазной насосной установки для перекачки нефтегазовых смесей.

Мультифазная насосная установка включает винтовую насосную секцию (1), состоящую из ротора (2) и статора (3), торсионный или шарнирный вал (4), соединяющий ротор с валом (9) шпинделя (8), корпус-отвод (5) с всасывающим фланцем (6), нагнетательный фланец (7), шпиндель с валом, электродвигатель (10), редуктор (11) и карданный вал (12), который соединяет выходной вал (15) редуктора с валом шпинделя.

Все узлы (составляющие) винтового героторного насоса смонтированы на сборной раме, состоящей из двух модулей 13 и 14, которые при транспортировке расстыковываются.

На первом модуле рамы смонтированы нагнетательный фланец, винтовая насосная секция, корпус-отвод и шпиндель. На втором устанавливается электродвигатель с редукто-

ром. Установленные на первом модуле узлы винтового героторного насоса имеют общую ось и последовательно соединены между собой с помощью крепежных устройств. Таким образом, винтовая мультифазная насосная установка состоит из двух самостоятельных составляющих устройств, которые изготавливаются, собираются и транспортируются к месту монтажа отдельно.

Одним из конструктивных преимуществ новой разработки является то, что выходной вал редуктора соединен с валом шпинделя карданным валом, что позволяет компенсировать несоосность при невысокой требуемой точности установки двух модулей, содержащих, в частности, шпиндель и редуктор. Это значительно упрощает технологию изготовления и сборки насоса и снижается стоимость его изготовления, обслуживания и транспортировки.

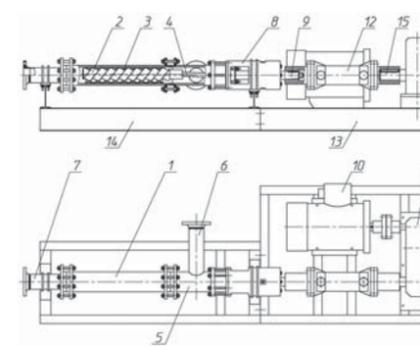
Кроме того, оси электродвигателя и винтовой насосной секции расположены параллельно друг другу. При таком расположении осей узлов значительно сокращается длина винтового героторного насоса и сохраняется единство компоновки.

При работе мультифазной насосной установки вращение от вала электродвигателя через редуктор, карданный вал, вал шпинделя, торсионный вал передается на ротор насосной секции. Перекачиваемая среда поступает в насос через всасывающий фланец, расположенный на корпусе-отводе. Ротор, обкатываясь по зубьям статора насосной секции, совершает в нем сложное вращательное движение. При этом винтовые поверхности ротора и статора образуют изолированные камеры, в которых перекачиваемая среда перемещается в осевом направлении от входа насосной секции к выходу. На выходном конце насосной секции установлен нагнетательный фланец, который, как и всасывающий фланец, предназначен для подсоединения трубопроводной рабочей магистрали (не показано).

В 2013 году в ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент» была изготовлена опытная партия мультифазных установок У1НВ1-240.4.04.1500 и У1НВ1-240.3.02.1700 номинальной производительностью 1 600 и 2 400 м³ в сутки при перепаде давления соответственно 4 и 2 МПа. Установки испытаны на стенде, заявленные параметры были подтверждены. В настоящее время производится монтаж установок на месторождении заказчика.

В 2014 году в ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент» запланировано освоение мультифазных насосных установок У1НВ1-268.3.025.2700 номинальной производительностью 3 120 м³ в сутки при перепаде давления 2,5 МПа и промышленные испытания насосной установки У1НВ1-294.3.04.3000. производительностью 4 320 м³ в сутки при перепаде давления 4 МПа

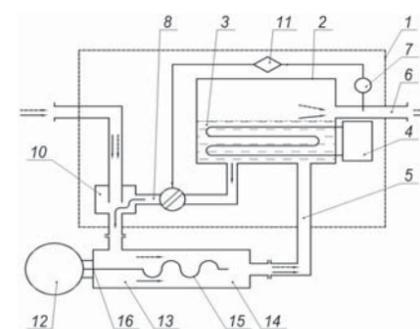
Показатели энергетических характеристик зависят от выбора геометрических параметров винтовой насосной секции, включающей ста-



● Рис. 1 Общий вид мультифазной насосной установки

тор и ротор. Для увеличения рабочего объема и производительности винтовых насосных секций в новых мультифазных установках увеличены диаметральные размеры статора и ротора, а требуемое давление на выходе из насоса достигалось за счет увеличения длины зубчатых поверхностей статора и ротора (до 7 000 мм). За счет увеличения рабочего объема была снижена частота вращения ротора, что позволило уменьшить негативное влияние от действия центробежных сил, возникающих при планетарном движении ротора, и повысить долговечность насосной секции.

Мультифазные насосы предназначены для перекачивания рабочей среды, содержащей разные агрегатные состояния вещества в различных пропорциях, но имеют ограничения по предельному состоянию газовой фазы в рабочей среде. Длительное воздействие среды с низкой долей жидкой фазы или при полном отсутствии жидкой фазы («сухой ход») является недопустимым, поскольку ведет к разрушению насоса. При режиме с низкой долей жидкой фазы или «сухим ходе» смазка, образованная жидкой фазой перекачиваемой рабочей среды, испаряясь, коксует в зазорах либо выносится из зоны трения полностью, что ведет к разогреву рабочих органов и уплотнений насоса выше допустимых значений, падению давления и производительности насоса. Поэтому, если мультифазная установка перекачивает газо-водо-нефтяные смеси с содер-



● Рис. 2 Схема устройства для защиты мультифазного насоса

жением газовой фазы более 80% и кратковременно работает при полном отсутствии жидкой фазы, необходимо использовать устройства защиты от газа. Для этого в ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент» разработан и внедрен в производство модуль защиты, схема которого показана на рис. 2.

Устройство защиты мультифазного насоса (1) имеет резервуар (2) для отделения жидкой фазы (3) из потока газосодержащей рабочей среды и коллектор с полостью увеличенного сечения (10). Нижний участок резервуара соединен линией (5) с нагнетательной полостью (14) мультифазного насоса (12), а также соединен посредством перепускной линии (8) с всасывающей полостью (13) мультифазного насоса, образуя замкнутый контур для циркуляции жидкой фазы. Кроме того, резервуар снабжен выходной линией (6), в которую встроены датчик жидкой фазы (7). Устройство защиты мультифазного насоса содержит запорный механизм, встроенный в перепускную линию и связанный с датчиком жидкой фазы блоком управления запорным механизмом (11), обеспечивающий во время продолжения сигнала датчика жидкой фазы периодическое срабатывание запорного механизма и подачу порций жидкой фазы во всасывающую полость мультифазного насоса для смазки, отвода избыточного тепла и замыкания зазоров в рабочих органах (15) и уплотнениях валов (16).

Наличие в устройстве защиты мультифазного насоса резервуара для жидкой фазы рабочей среды, датчика жидкой фазы, запорного механизма, а также блока управления запорным механизмом обеспечивает разделение рабочей среды на жидкую и газовую фазы, накопление определенного резервного объема жидкой фазы и позволяет осуществлять дополнительную подачу жидкой фазы во всасывающую полость мультифазного насоса для смазки и отвода избыточного тепла только в периоды с низкой долей жидкой фазы или при «сухом ходе» в виде порций, равных, по меньшей мере, одному рабочему объему мультифазного насоса, через интервалы времени, не превышающие гарантированное время действия смазки. Как показала практика, использование устройств защиты мультифазного винтового насоса позволяет значительно повысить его долговечность за счет уменьшения случаев преждевременного (аварийного) разрушения резиновой зубчатой обкладки статора.

В настоящее время ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент», обладая высоким научно-техническим потенциалом и многолетним опытом создания винтовых насосов, является лидирующим в России предприятием, способным изготовить и поставить заказчику мультифазные насосные установки повышенной производительности для решения самых сложных задач. ●

Производитель, страна	Марка насоса	Производительность, м ³ /час	Давление, атм	Потребляемая мощность, кВт
NETZSCH, Германия	NM 125	10-120	1-48	12-180
	NM 148	20-250	1-36	15-150
«Перминжиниринг Групп», Россия	ВН1.75/32	75	32	110
ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент», Россия	У1НВ1-240.4.03.1500	60	40	110
	У1НВ1-268.3.025.2700	130	25	140
	У1НВ1-294.3.04.3000	180	40	307