

**АЛЕКСЕЙ БОНДАРЬ**

Инженер-конструктор КБ  
одновременно-раздельной  
эксплуатации и объемных насосов  
АО «Новомет-Пермь»

## ВЯЗКАЯ НЕФТЬ – НЕ ПРОБЛЕМА, ЕСЛИ РАБОТАЕТ ОБЪЁМНО-РОТОРНЫЙ НАСОС «НОВОМЕТ»

По мнению экспертов нефтегазовой отрасли, мировые запасы вязкой нефти значительно превышают запасы легкой и составляют более 70%. Ее добыча требует нетрадиционного уникального подхода.

Во многих промышленно развитых странах мира тяжелая, вязкая нефть рассматривается в качестве основной базы развития нефтедобычи на ближайшие годы. По прогнозам ведущих мировых аналитиков, динамика добычи такого сырья в перспективе будет иметь положительный тренд.

Иными словами, как в ближайшем, так и отдаленном будущем добыча вязкой нефти приобретает ключевое значение.

### Традиционные способы добычи вязкой нефти

Обычно в таких условиях используются установки штанговых глубинных (УШГН) и винтовых насосов (УВН). Но применение первых на начальном этапе строительства площадки и размещения оборудования требует больших капитальных затрат. А для вторых необходимо подбирать тип эластомера для каждой скважины, что увеличивает номенклатуру изделий и количество ошибок при подборе. Применение штанг для привода также ограничивает использование этих установок в горизонтальных скважинах.

### Предлагаемое решение

Одним из путей решения проблемы является применение объемных насосов с приводом от погружного электродвигателя. Во-первых, отпадает необходимость строительства инфраструктуры скважины, во-вторых, при отсутствии эластомера не требуется индивидуальный подбор насоса.

Проблемы, возникающие при добыче вязкой нефти традиционными способами (плунжерными или винтовыми насосами), можно решить, применив погружной насос объемного действия, который получал бы энергию от погружного электродвигателя. Например – многоступенчатый пластинчатый насос оригинальной конструкции [патент РФ № 2495282] с расположением пластинок в статоре. Общий вид ступени показан на рис. 1.

Объемно-роторный насос пластинчатого типа (далее ОРНП) в сборе показан на рис. 2. Преимущества этого насоса перед плунжерными и винтовыми состоят в следующем:

- не используются эластомеры;
- насос может создавать практически любой требуемый напор (путем подбора необходимого количества ступеней);
- может применяться в горизонтальных скважинах.
- проведенные испытания показали возможность его применения для перекачивания высоковязкой нефти, вплоть до 5000 сСт.

Успешные испытания опытного экземпляра привели к разработке и изготовлению такого типа насоса в 2-х габаритах. АО «Новомет-Пермь» производит ОРНП в 5 и 5А габаритах. Характеристика каждого насоса представлена ниже.

Таблица 1. Характеристики ОРНП5-10

Диапазон подач, м <sup>3</sup> /сут	5-15
Частота вращения, об/мин	500-1000
Номинальная частота вращения, об/мин	750
Рекомендуемая вязкость жидкости, сСт	30-5000

### Характеристика ОРНП5-10 и ОРНП5-25

Изначально данный насос спроектирован и изготовлен в 5 габарите с подачей до 15 м<sup>3</sup>/сут и предназначен для эксплуатации низкодебитных скважин. Совместно с низкооборотным электродвигателем 117 мм ОРНП5-10 может применяться для э/к от 140 мм. Характеристики насоса представлены в табл. 1.

Этот насос прошел все заводские испытания, в том числе – ресурсные с песком. Для увеличения ресурса элементы насоса выполнены из износостойких материалов.

Также были пройдены опытно-промышленные испытания в различных нефтяных компаниях как в России, так и за рубежом.

В этом же габарите разработан насос с подачей до 25 м<sup>3</sup>/сут. В настоящее время он находится на стадии проведения заводских испытаний, его характеристики представлены в табл. 2 (стр. 42).

Рис. 1. Общий вид ступени ОРНП

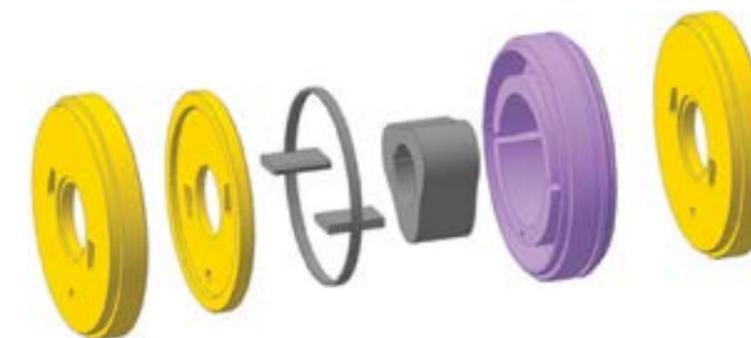


Рис. 2. Общий вид многоступенчатого пластинчатого насоса



Таблица 2. Характеристики ОРНП5-25

Диапазон подач, м <sup>3</sup> /сут	13-25
Частота вращения, об/мин	500-1000
Номинальная частота вращения, об/мин	1000
Рекомендуемая вязкость жидкости, сСт	30-5000

Рис. 3. Сравнительная напорно-расходная характеристика ступени ОРНП5-10 на воде и жидкости вязкостью 100 сСт (750 об/мин)

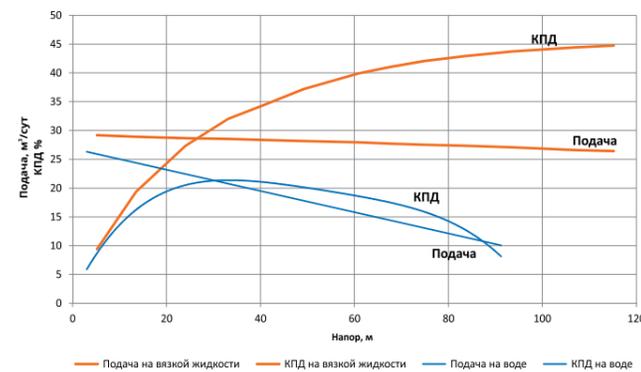


Рис. 4. Сравнительная напорно-расходная характеристика ступени ОРНП5-25 на воде и жидкости вязкостью 100 сСт (1000 об/мин)

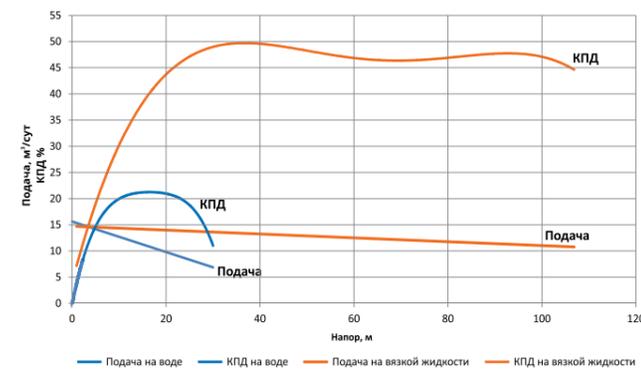
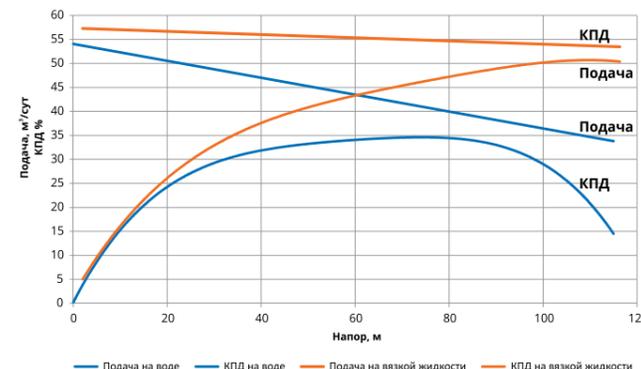


Рис. 5. Сравнительная напорно-расходная характеристика ступени ОРНП5А-50 на воде и жидкости вязкостью 100 сСт (1000 об/мин)



Хотелось бы отметить, что объемные насосы имеют лучшие характеристики при работе на вязкой жидкости. Проведенные испытания подтвердили это.

Напорно-расходные характеристики (НРХ) ОРНП5-10 и ОРНП5-25 на разной вязкости в пересчете на одну ступень приведены на рис. 3 и 4 соответственно. Видно, что при увеличении вязкости жидкости при одной и той же подаче напор монотонно растет (из-за уменьшения утечек через зазоры), так же растет и КПД.

### Характеристики ОРНП5А-50

В продолжении развития данного типа насоса разработан ОРНП в 5А габарите с подачей до 50 м<sup>3</sup>/сут. ОРНП5А-50 прошел все заводские испытания и находится на стадии проведения ОПИ в разных компаниях в России и за рубежом.

Как и в 5 габарите, элементы ступени насоса выполнены из износостойких материалов.

Характеристики насоса представлены в табл. 3.

Напорно-расходные характеристики на разной вязкости в пересчете на одну ступень приведены на рис. 5.

Из приведенных НРХ на разной вязкости насосов ОРНП5-10, ОРНП5-25, ОРНП5А-50 следует, что при работе на вязкой жидкости необходимо применять меньшее количество ступеней, тогда и стоимость насоса будет ниже.

### Комплектация ОРНП

Комплектация установки стандартная, как для УЭЦН. Отличие в том, что применяется низкооборотный электродвигатель с частотой вращения от 100-1500 об/мин (рис. 6 стр. 44).

### Сравнение мощности ОРНП, ЭЦН и ПВЭДН в зависимости от частоты вращения

На графиках (рис. 7, 8 стр. 44) видно, что зона рабочих частот ЭЦН с одной стороны ограничена мощностью электродвигателя (правая граница), с другой – минимально необходимым (создаваемым) напором – не менее 20% от номинального (левая граница). При этих границах диапазон изменения подачи составляет 30%.

ОРНП работоспособен в широком диапазоне частот (см. рис. 8). Верхняя граница обусловлена ресурсом конструкции ступеней (1000 об/мин), нижняя – подачей насоса (100 об/мин). Мощности электродвигателя достаточно во всем диапазоне частот вращения.

При обозначенных границах рабочей частоты вращения вала насоса диапазон изменения подачи ОРНП больше, чем у ЭЦН, в 3 раза, (см. рис. 7, 8).

### Опыт внедрения с погружным электродвигателем

На сегодняшний день «Новомет» имеет большой опыт внедрения ОРНП в разных компаниях в России и за рубежом.

Хотелось бы сказать несколько слов о внедрении оборудования на Восточно-Мессояхском месторождении. Известно, что это месторождение

осложнено выносом большого количества мехпримесей – до 1600 мг/л. При этом вязкость жидкости порядка 300 сСт и температура 16°С.

Но даже в таких условиях опытно-промышленные испытания успешно завершились.

### ОРНП – решение для замены винтовых насосов с приводом от штанг

Данное решение (Рис. 9) позволит уменьшить риски невозможности запуска (т.к. отсутствует эластомер, момент «страгивания» ниже).

Процедура монтажа стандартная:

1. Монтаж противоотворотного анкера с МС ОРНП и спуск данного оборудования на НКТ;
2. Фиксация противоотворотного анкера путем поворачивания НКТ;
3. Спуск насосных штанг с шлицевым якорем до соединения с МС ОРНП;
4. Подгонка штанг на устье для соединения с приводом.

Учитывая положительный опыт эксплуатации данного типа насосов при больших частотах вращения, наработка данного оборудования при частотах 100-400 об/мин будет только больше.

Таблица 4. Опыт внедрения ОРНП

Типоразмер	Страна	Месторождение	Дата запуска	Состояние	Наработка
ОРНП5-10	Румыния	Asset III Muntenia Vest	20.07.2015	Демонтировано 26.06.2020	1803
	Румыния	Asset III Muntenia Vest	20.02.2017	Демонтировано 18.11.2021	1732
	Румыния	Asset III Muntenia Vest	16.02.2018	В работе	1496
	Россия	Восточно-Мессояхское (Мессояханефтегаз)	12.09.2017	Демонтировано 19.08.2018	342
	Россия	Стретенское (Лукойл-Пермь)	22.03.2018	Демонтировано 29.08.2019	515
	Румыния	Asset Muntenia Vest	05.06.2020	Демонтировано 03.04.2021	299
	Румыния	Asset Muntenia Vest	12.08.2020	Демонтировано 27.04.21	258
	Румыния	Asset IV Muntenia Vest	05.06.2020	Демонтировано 03.04.2021	101
	Венесуэла	URDANETA	18.08.2018	04.11.2018 остановили по ограничению добычи. Установка в работоспособном состоянии	78
	Румыния	Asset III Muntenia Vest	19.11.2021	В работе	124
ОРНП5А-50	Россия	Восточно-Мессояхское (Мессояханефтегаз)	24.06.2018	Демонтировано 22.01.2019	216
	Румыния	Asset III Muntenia Vest	25.07.2018	Демонтировано 15.10.2019	420
	Румыния	Asset VI Muntenia Vest	01.08.2019	Демонтировано 05.02.2020 Закачка пара	188
	Румыния	Asset VI Muntenia Vest	26.02.2020	Демонтировано 31.07.2020	156
	Румыния	Asset VI Muntenia Vest	11.08.2020	Демонтировано 27.04.2021 Закачка пара	257
	Румыния	Asset VI Muntenia Vest	26.05.2021	В работе	301
	Россия	Русское (Томскнефть)	30.12.2021	В работе	83
	Россия	Русское (Томскнефть)	22.01.2022	В работе	60
	Турция	IKIZTEPE	02.03.2022	В работе	21

Таблица 3. Краткая характеристика ОРНП5А-50

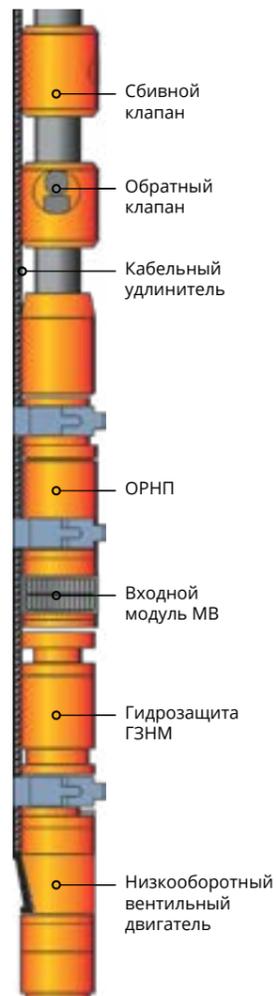
Диапазон подач, м <sup>3</sup> /сут	20-50
Частота вращения, об/мин	500-1000
Номинальная частота вращения, об/мин	1000
Рекомендуемая вязкость жидкости, сСт	30-5000

### Сложности и проблемы внедрения ОРНП

Современные реалии нефтедобывающей отрасли таковы, что внедрение любых сложных технологических инноваций не обходится без преодоления первоначальных проблем, сложностей и «детских болезней» опытного оборудования. И рассматриваемая в данной статье технология имеет в своем послужном списке неудачные попытки внедрения, умолчать о которых никак нельзя.

Одной из главных проблем насосов ОРНП была работа в скважинных условиях в которых присутствует сероводород. Примером может послужить внедрение на месторождении Оренбургнефти. В силу особенностей химического состава покрытия рабочих органов ОРН наличие даже небольшого количества сероводорода в скважине вызывает взаимодействие его с покрытием, его скоротечное вымывание и, как следствие, невозможность продолжения работы насоса, его клин.

Рис. 6. Комплектация ОРНП



Несмотря на то, что об ограничении по сероводороду при внедрении ОРНП известно, его не всегда получается учесть при подборе скважины. При его незначительном содержании, особенно если работает УЭЦН в коррозионностойком исполнении, сероводород никак себя не проявляет и попросту не берется в расчёт службами заказчика.

Еще одной проблемой насосов ОРНП можно назвать недостоверность предоставленных данных по наличию механических примесей в скважинной жидкости. Что показало неудачное внедрение на месторождении Казахстана. При проведении разбора после непродолжительной работы оказалось, что все рабочие органы – от входного модуля до выкида насоса – наглухо забиты механическими примесями (рис. 10).

Вывод: в данной ситуации ОРНП сыграл роль «насоса-жертвы» при отсутствии подготовки скважины после ГТМ.

Для преодоления всех этих ограничений специалистами «Новомет» найден новый состав твердосплавного покрытия, а также технологий его нанесения, обеспечивающих стойкость к наличию сероводорода. Дополнительно для борьбы с механическими примесями разработан фильтр, позволяющий ограничить максимальный размер частиц не более 500 микрон, поступающих в насос. Также все установки насоса ОРНП комплектуются шламоуловителем, что благоприятно сказывается на ресурсе работы насоса.

Сегодня нашими специалистами совместно с заказчиками при внедрении установок ОРНП проводится более тщательный контроль планируемых к внедрению скважин, в том числе на наличие сероводорода, количества взвешенных частиц и др. параметров. Это гарантирует длительную безотказную эксплуатацию и наработку, превышающую данный показатель для установок ЭЦН и винтовых насосов. Примеров удачного внедрения ОРНП с наработками более 1000 суток гораздо больше.

**Загадка скважины 416**

На месторождении Asset VI Muntenia Vest есть скважина (416), в которой продолжается эксплуатация установки ОРНП5А-50. Нарботка на сегодня превысила более 300 суток. Это уже четвертый монтаж в данную скважину, особенность которой состоит в том, что в ней сверхгустая нефть. Значение вязкости достигает 1200 сСт.

Для добычи нефти в течение месяца в скважину с поверхности загоняют пар при высокой температуре, тем самым понижая вязкость флюида, чтобы он начал поступать в скважину. Затем спускают установку ОРНП5А-50 (начальная температура 140-150°С),

Рис. 7. Зависимость напора, мощности ЭЦН и мощности ПВЭДН от частоты вращения

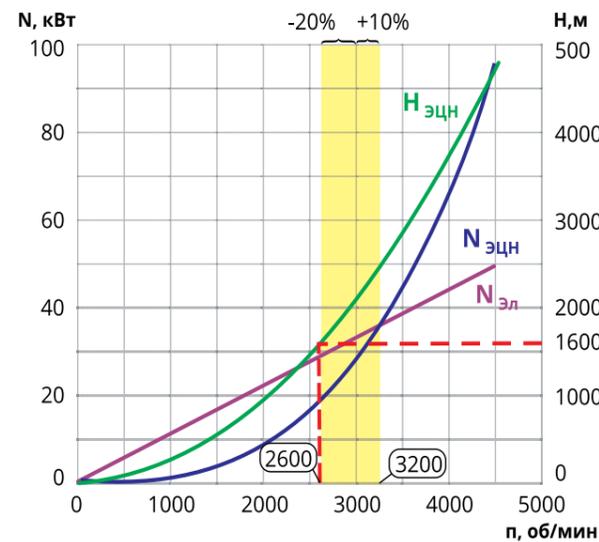


Рис. 8. Зависимость напора, мощности ОРНП и мощности ПВЭДН от частоты вращения

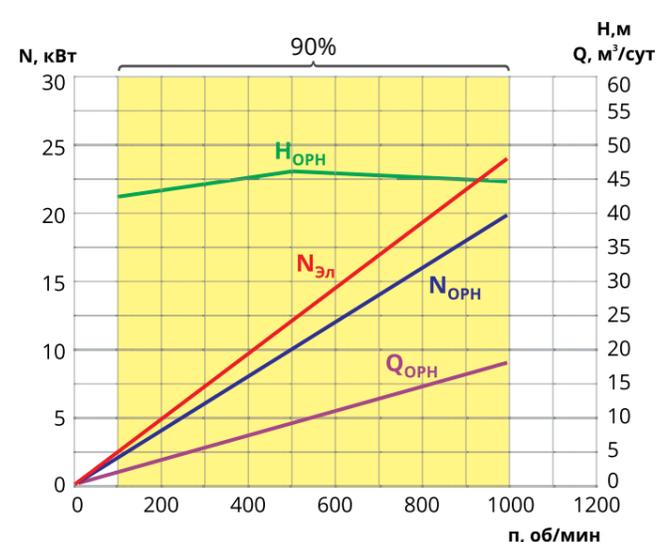


Таблица 5. Краткая характеристика ОРНП с наземным приводом

Габарит	5	5А
Диапазон частот вращения, об/мин	100-400 (ограничено приводом)	
Диапазон подач, м³/сут	1-6	2-20
Рекомендуемая вязкость	30-5000	30-5000

которая сначала откачивает воду в течение 20-30 дней, после чего начинает поступать нефть. Смесь воды и нефти откачивается до тех пор, пока не начнет падать дебит по нефти. В среднем процедура по закачке пара происходит раз в 6 месяцев. Нарботка оборудования заказчика раньше не превышала 80-100 суток, установка объемного насоса от АО «Новомет-Пермь» позволила более чем в 3 раза увеличить этот показатель в данной скважине.

**Заключение**

Подводя итог сказанному, отметим:

В АО «Новомет-Пермь» для добычи вязкой нефти предложена оригинальная конструкция объемно-роторного насоса, которая имеет ряд преимуществ перед другими видами машин объемного типа. Путем подбора необходимого числа ступеней данный насос может создавать практически любой требуемый напор, применяться в скважинах с горизонтальным участком.

Напор ОРНП на вязкой жидкости на порядок выше, чем у аналогичных малодобитных центробежных насосов. В отличие от них напор данного насоса с увеличением вязкости растет. Благодаря новому оборудованию удастся сократить затраты на добычу нефти вообще, и особенно – на добычу вязкой нефти.

В отличие от ЭЦН, широкий диапазон регулирования частоты вращения позволяет и подачу регулировать в широком диапазоне. Отсутствие эластомера в конструкции позволяет упростить подбор насоса для скважин.

Ввиду отсутствия эластомера насос работоспособен при температурах до 170°С.

При проведении ОПИ в ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь» достигнуто снижение удельного энергопотребления на 1 м³ добываемой продукции в 2,6 раза по сравнению с предыдущей эксплуатацией ЭЦН.

Установки ОРНП производства АО «Новомет-Пермь» успешно проходят эксплуатацию как на многочисленных месторождениях России, так и за рубежом. При этом максимальная наработка превысила 2000 суток. Достигнутые результаты объясняются преимуществами технологии, которая непрерывно развивается.

Рис. 9. Схема ОРНП с приводом от наземного электродвигателя

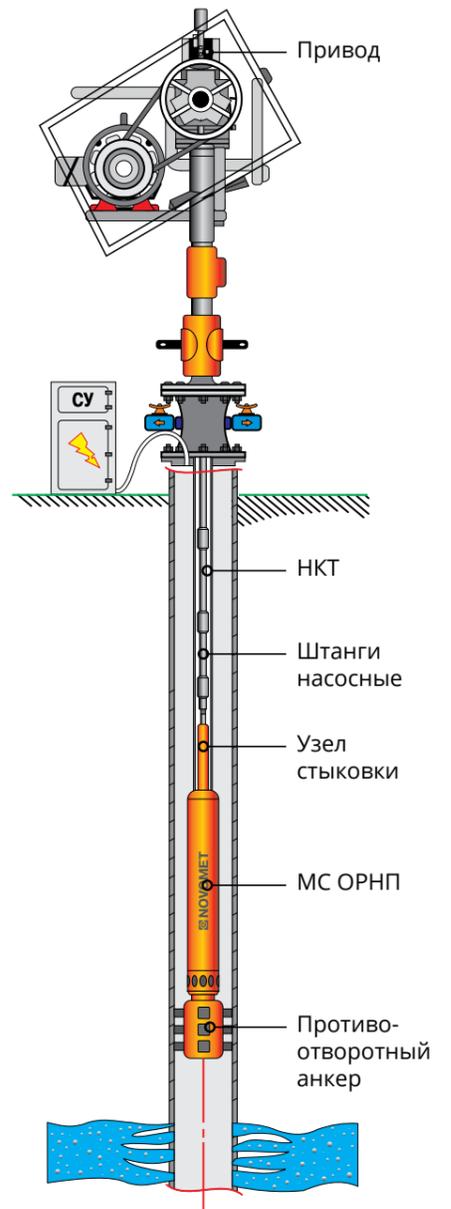


Рис. 10. Насос ОРНП, забитый механическими примесями после пробного запуска в Казахстане

