



УСТАНОВКА ОБЪЕМНО-РОТОРНОГО НАСОСА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛОДЕБИТНОГО ФОНДА НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

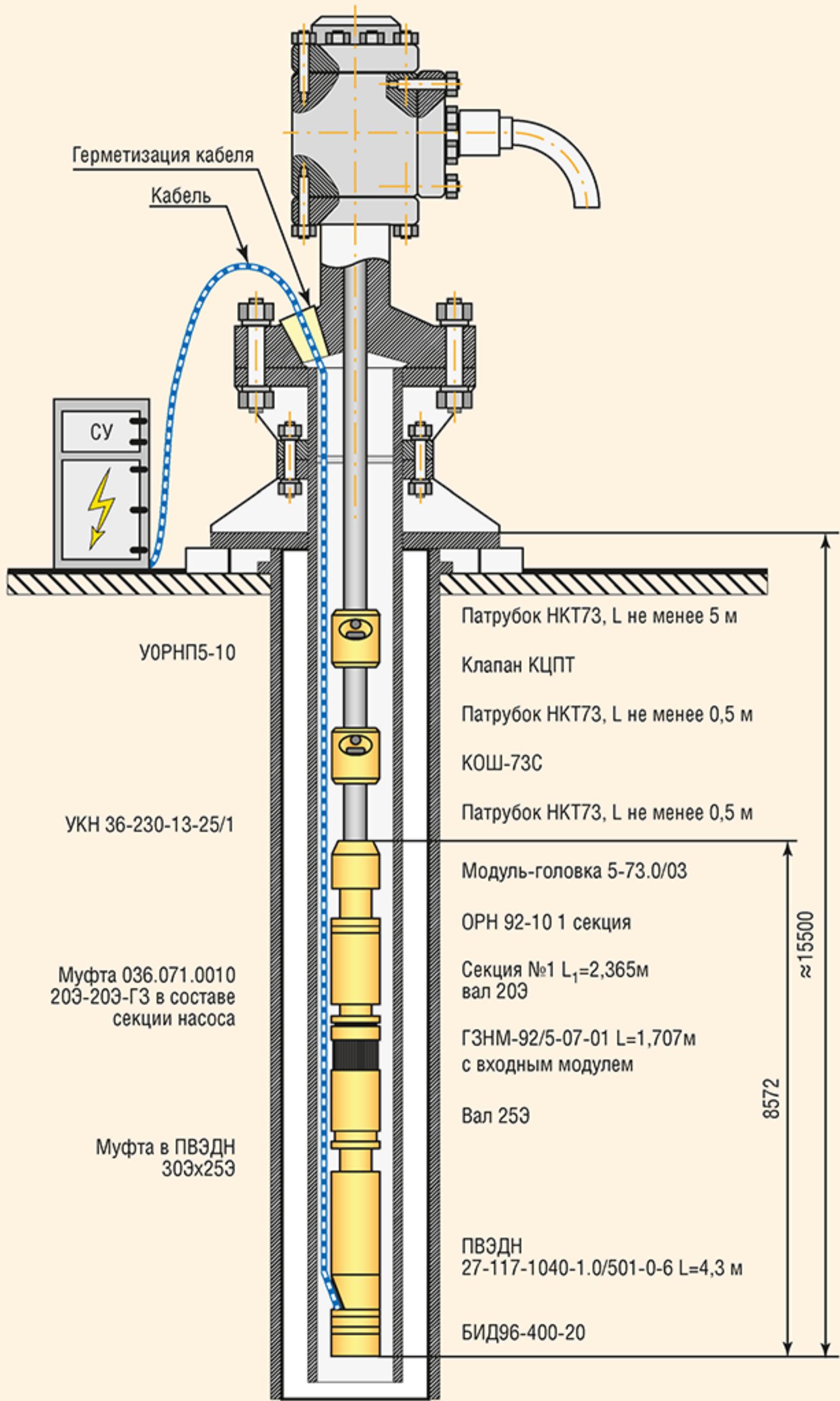
МАРТЮШЕВ Данила Николаевич
Главный конструктор ДИР
АО «Новомет-Пермь»

ПАНАЧЕВ Михаил Васильевич
Начальник бюро объемных насосов ОГК ДИР
АО «Новомет-Пермь»



Как известно, текущее состояние нефтегазовой отрасли как в России, так и в мире в целом характеризуется неблагоприятной геолого-технологической структурой запасов нефти. С каждым годом увеличивается доля нетрадиционных и труднодоступных запасов, что негативно сказывается на рентабельности добычи. Об этом говорит и статистика – по состоянию на февраль 2014 года в России насчитывалось 22376 простояющих скважин, что составляет 13,5% общего фонда государства [1]. Очевидно, что особенно остра данная проблема для малодебитных скважин, работающих на пороге рентабельности. В предлагаемой Вашему вниманию статье рассматриваются конструкция и результаты стендовых испытаний новой разработки АО «Новомет-Пермь» – установки объемно-роторного насоса пластинчатого типа. Испытания подтвердили ряд ее важных преимуществ разработки перед применяемыми сегодня УЭЦН и установками штангового типа.

Рис. 1. Схема установки ОРНП в процессе испытаний (компоновка с защитным клапаном КЦПТ)



В настоящее время производители оборудования совместно с нефтяными компаниями и научно-исследовательскими организациями ведут активный поиск замены традиционной технологии эксплуатации малодебитных скважин с помощью установок штангового глубинного насоса (УШГН). Разработка нового надежного и энергоэффективного оборудования позволит не только повысить рентабельность добычи, но и вовлечь в хозяйственный оборот бездействующие и законсервированные скважины, эксплуатация которых традиционными методами неэффективна и нерентабельна.

Одним из таких потенциальных решений стала установка объемно-роторного насоса пластинчатого типа (ОРНП) (табл. 1). Основа его ступени – статор с расположенным внутри него ротором в виде кулочка, к которому с помощью синхронизирующих колец прижаты пластины. В ходе вращения ротора пространство между ним, статором и пластины последовательно заполняется перекачиваемой средой, которая при уменьшении объема камеры перемещается от ступени к ступени.

К преимуществам ОРНП можно отнести независимость развиваемого напора от подачи; высокую эффективность работы насоса на вязких жидкостях; высокую самовсасывающую способность; прямо пропорциональную зависимость между подачей и частотой вращения вала; а также минимальные пульсации потока.

Кроме того, конструкция ОРНП обеспечивает значительно меньшую длину модуль-секций по сравнению с УЭЦН: для перекачки жидкости вязкостью 50 сСт при напоре 2000 м и подаче 15 м³/сут длина секций ОРНП составляет 2,3 м, тогда как длина секций ВНН5-25-2600 составит 16 м (при подборе насоса по методике П.Д. Ляпкова [2]).

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА УСТАНОВКИ ОРНП

Для исследования характеристик и подтверждения заявляемых преимуществ были проведены испытания опытного образца установки ОРНП производства АО «Новомет-Пермь» на стендах-скважинах Многофункционального стендового комплекса ОАО «ОКБ БН КОН-НАС», г. Москва. Испытания полнокомплектной установки проводились на стенде-скважине для испытания



**ТОЛСТОГУЗОВ
Олег Алексеевич**
Начальник отдела
нестандартного
оборудования
ОКБ БН «КОННАС»

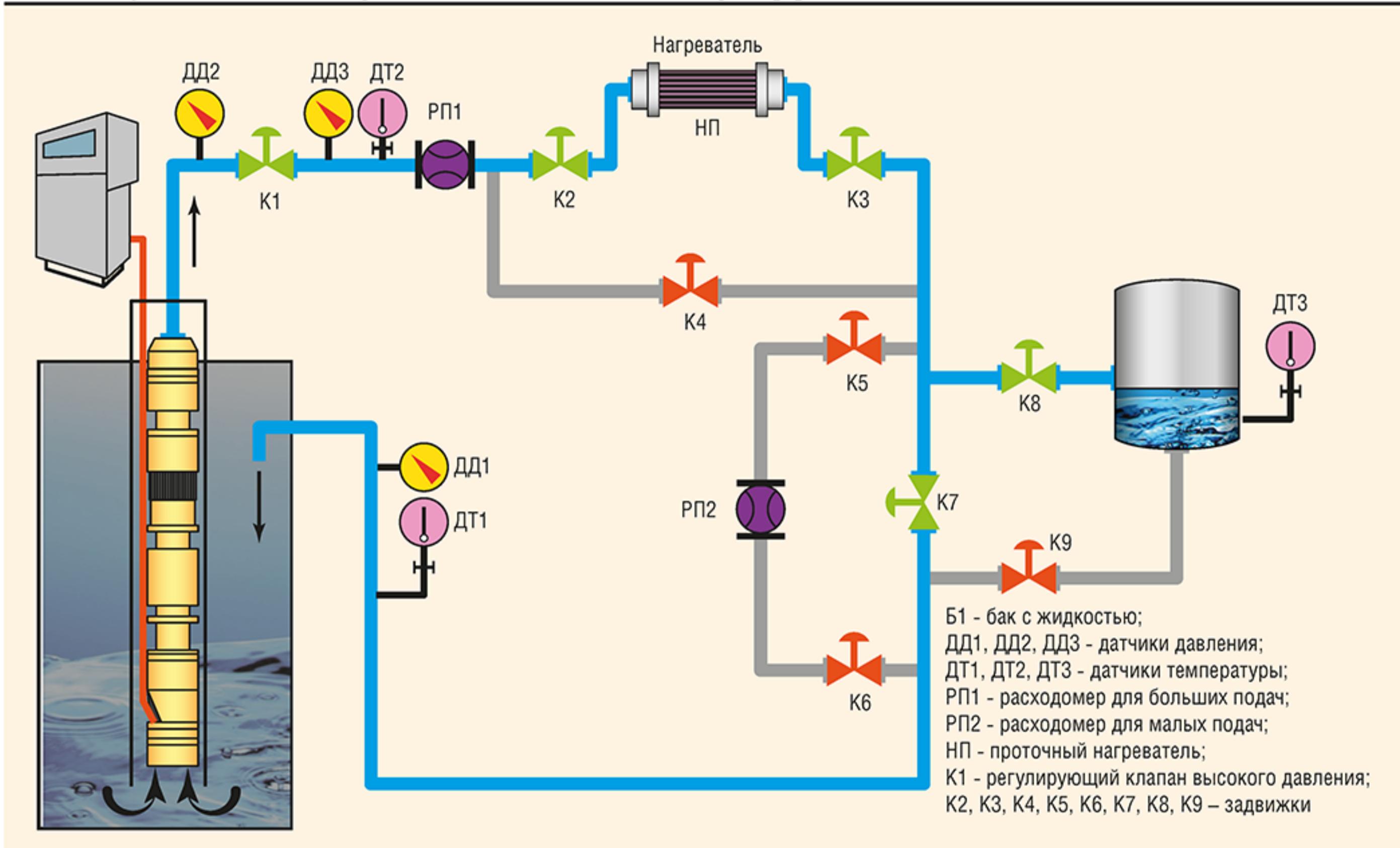


**КРОПОТКИН
Александр
Алексеевич**
Заведующий
отделом ИСС
ОКБ БН «КОННАС»



**МАЛЯВКО
Евгений
Александрович**
Ведущий
инженер-испытатель
ОКБ БН «КОННАС»

Рис. 2. Функциональная гидравлическая схема стенда Термо [2]



и сертификации погружных насосных установок в вертикальном положении (рабочая жидкость – вода) и стенде-скважине для испытаний погружного оборудования при повышенных температурах и на вязких жидкостях (рабочая жидкость – кремнийорганическое масло плотностью 970 кг/м³ и вязкостью 50 сСт при 20°C) [3].

Целью испытаний стали, во-первых, оценка удобства монтажа и демонтажа ОРН; во-вторых, снятие напорно-энергетических характеристик установки на жидкостях разной вязкости и при разных частотах вращения вала; и, в-третьих, проверка работоспособности всех элементов установки, в том числе при длительных испытаниях на ресурс.

Рис. 3. Внешний вид стенда Термо [2]



В общем случае схема установки при испытаниях представлена на рис. 1. Для испытаний была взята одна секция насоса номинальной производительностью 10 м³/сут с 53 ступенями, гидрозащита типа ГЗНМ, погружной низкооборотный вентильный электродвигатель 117 габарита с частотой вращения 500-1500 об/мин и номинальной мощностью 27 кВт. Также в процессе испытаний установка была снабжена погружным блоком телеметрии, погружными датчиками температуры и вибрации.

НАПОРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Характеристики полнокомплектной установки были сняты на воде вязкостью 1 сСт и на кремнийорганическом масле вязкостью 50 сСт. При этом отклонение вязкости из-за изменения температуры кремнийорганического масла составляло не более ±5 сСт. Характеристики снимались на трех частотах вращения вала: 500, 750 и 1000 об/мин.

Результаты испытаний представлены на рис. 4-6 и в табл. 1. Видно, что насос ОРНП более эффективен при работе с вязкой жидкостью. При перекачке воды обнаруживается снижение подачи насоса с увеличением развиваемого напора, что связано со значительным ростом утечек. Также для воды отмечен максимум функции

Рис. 4. Напорно-энергетические характеристики установки ОРНП по воде (1 сСт) и кремнийорганическому маслу (50 сСт), частота вращения вала 500 об/мин, пересчет на одну ступень

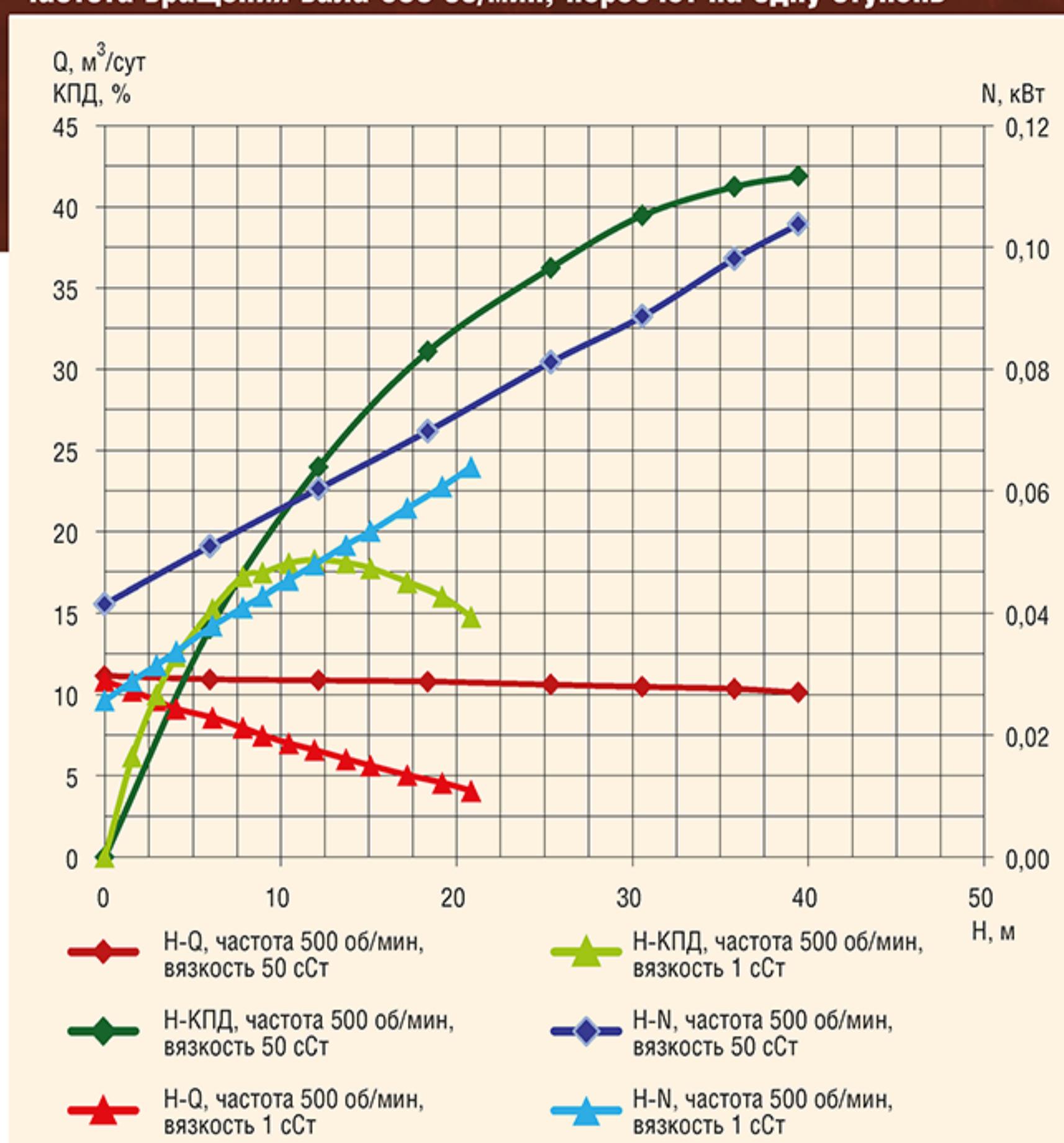


Рис. 5. Напорно-энергетические характеристики установки ОРНП по воде (1 сСт) и кремнийорганическому маслу (50 сСт), частота вращения вала 750 об/мин, пересчет на одну ступень

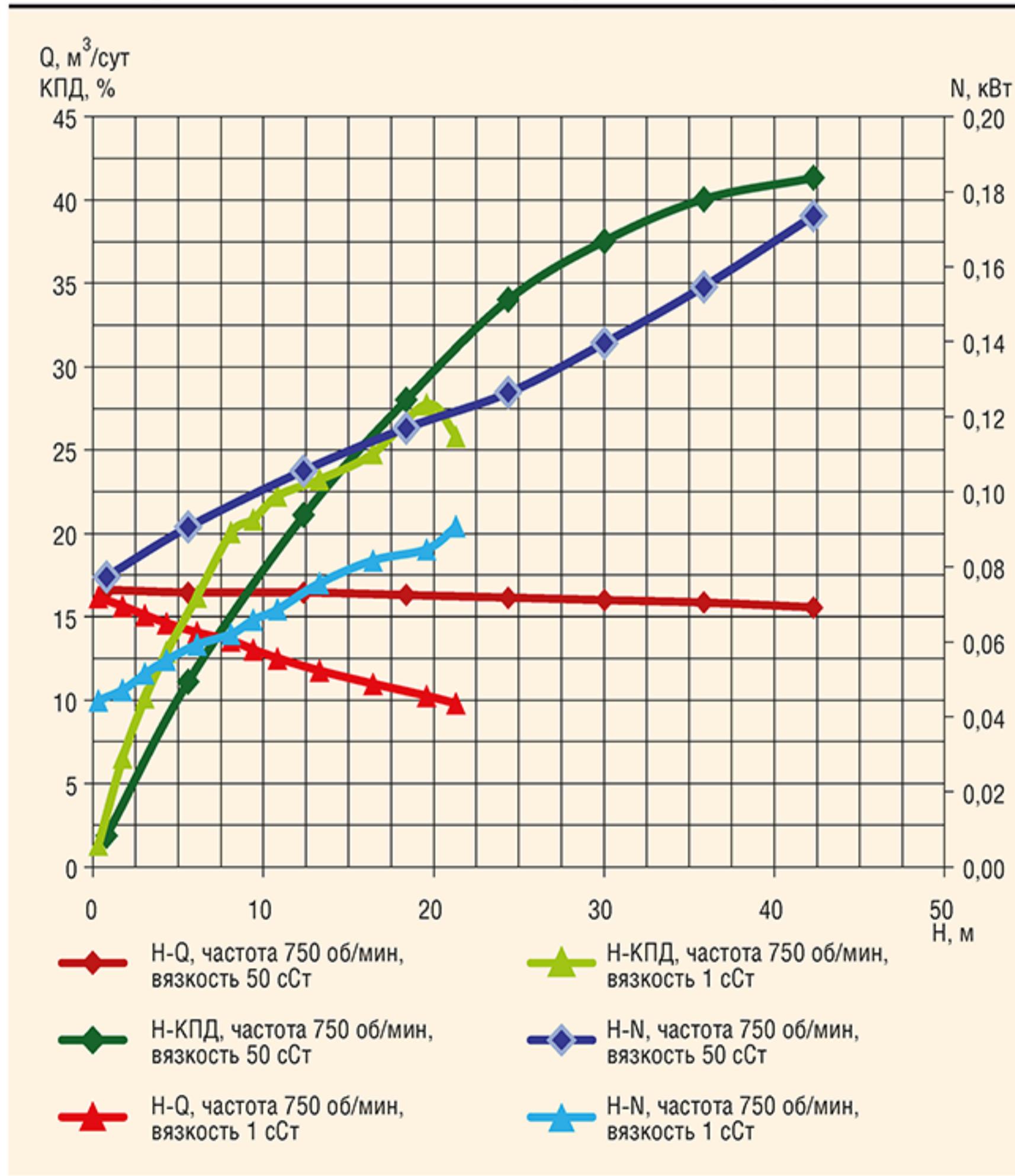


Таблица 1

Характеристика ступени ОРНП

| Параметр | Значение |
|--------------------------------------|----------|
| Габарит | 5 |
| Диапазон подач, м³/сут, не более | 25 |
| Напор ступени, м, при вязкости, сСт: | |
| 1 | 13 |
| 50 | 42,3 |
| Частота вращения, об/мин | 500–1000 |
| Номинальная частота вращения, об/мин | 750 |

КПД=f(H), что обуславливается резким возрастанием потребляемой мощности с определенного момента.

Для вязкой жидкости подача насоса в зависимости от развиваемого давления практически не изменяется, что в целом характерно для объемных машин. Кроме того, подача насоса прямо пропорциональна частоте вращения вала:

$$\frac{750 \text{ об/мин}}{500 \text{ об/мин}} = 1,5 \approx \frac{15,6 \text{ м}^3/\text{сут.}}{10,1 \text{ м}^3/\text{сут.}}$$

$$\frac{1000 \text{ об/мин}}{750 \text{ об/мин}} \approx 1,3 \approx \frac{21,3 \text{ м}^3/\text{сут.}}{15,6 \text{ м}^3/\text{сут.}}$$

Из данной зависимости вытекает еще одно преимущество ОРНП: его мощность прямо пропорциональна частоте вращения вала при заданном напоре (рис. 7). Благодаря этому возможно применение одного и того же электродвигателя в широком диапазоне подач. В то же время мощность УЭЦН не прямо пропорциональна частоте вращения вала. Для того чтобы увеличить напор УЭЦН путем увеличения частоты, необходимо применение более мощного электродвигателя (рис. 7).

После снятия напорно-энергетических характеристик были проведены ресурсные испытания. Установка находилась в работе в течение 10 ч, затем ее отключили на 12 ч, после чего повторно запустили. Снятые после работы характеристики совпали. При этом после длительной работы наблюдалось незначительное снижение потребляемой мощности и, как следствие, рост КПД на 2-3 пункта. Очевидно, это связано с приработкой пар трения рабочих органов насоса.

Также для защиты от максимально допустимого давления было проверено срабатывание защитного клапана КЦПТ. Его открытие на воде происходило при давлении на выходе 15 МПа, на кремнийорганическом масле – при 18 МПа.

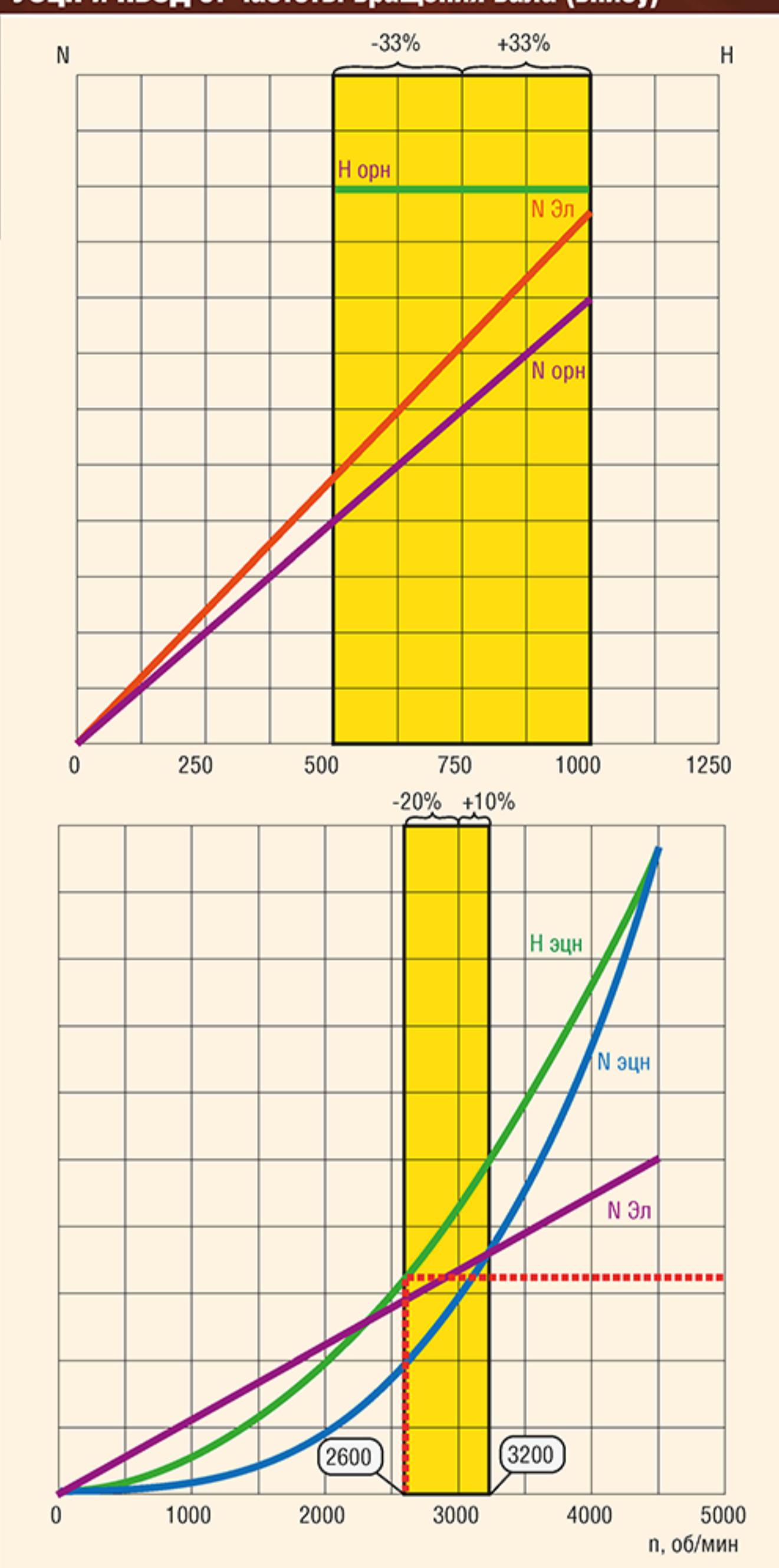
РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ

В начале 2016 года румынская компания OMV Petrom сообщила об успешном завершении ОПИ установки ОРН производства АО «Новомет-Пермь» продолжительностью 180 суток. Испытания проходили на месторождении Отешти, отличающемся повышенной вязкостью нефти. На момент подготовки настоящей статьи установка продолжала работать.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты испытаний подтвердили эффективность установки объемно-роторного насоса на вязких

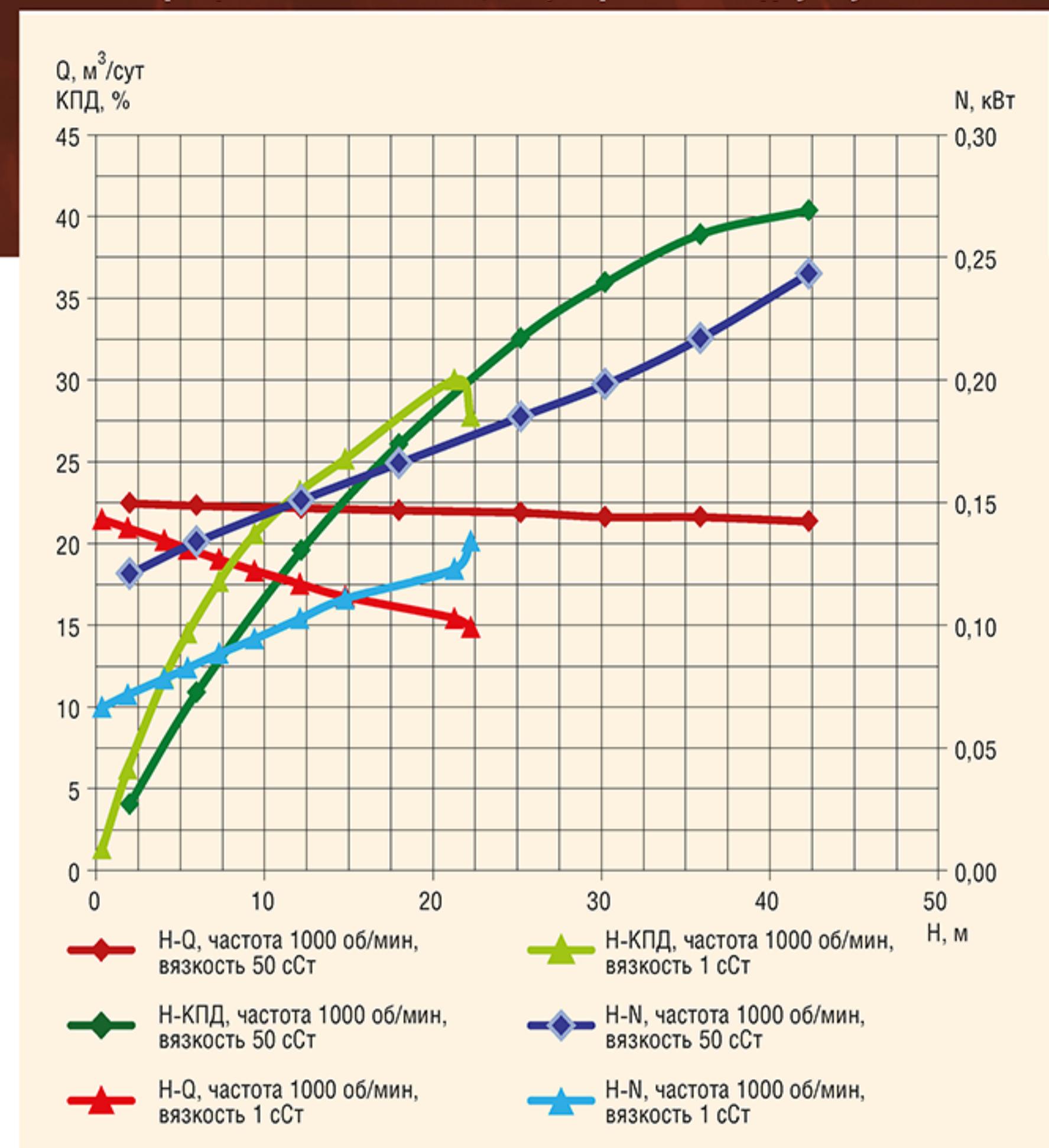
Рис. 7. Зависимости мощностей ОРНП и ПВЭД от частоты вращения вала при постоянном напоре (вверху); УЭЦН и ПВЭД от частоты вращения вала (внизу)



средах. Максимальный КПД установки составил 41,9% и был достигнут на кремнийорганической жидкости вязкостью 50 сСт при подаче 10,1 м³/сут, напоре одной ступени 39,4 м и частоте вращения вала 500 об/мин. Можно ожидать, что для более вязкой продукции КПД установки будет выше.

В ходе исследований была подтверждена прямо пропорциональная зависимость между подачей насоса

Рис. 6. Напорно-энергетические характеристики установки ОРНП по воде (1 сСт) и кремнийорганическому маслу (50 сСт), частота вращения вала 1000 об/мин, пересчет на одну ступень



и частотой вращения вала, а также проведены ресурсные испытания в течение 10 ч, в ходе которых была проверена надежность всех элементов установки.

Отмечено, что после длительной работы незначительно снижается потребляемая мощность, вследствие чего на 2-3 пункта вырастает КПД. Очевидно, это связано с приработкой пар трения рабочих органов насоса. ♦

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Статистика по Фонду нефтяных скважин, февраль 2014 г. // Нефтегазовая вертикаль. 2014. № 7. С. 89-92.
- Ляпков П.Д. О влиянии вязкости жидкости на характеристику погружных центробежных насосов // Тр./ВНИИ. 1964. Вып. XLI. С. 71-107.
- Малявко Е.А. Многофункциональный стендовый комплекс по исследованию инновационного оборудования для добычи нефти и повышения нефтеотдачи пластов с применением установок погружных насосов// Бурение и нефть. 2014. № 2. С. 52-56.

Таблица 2

| Точки максимального КПД насоса ОРНП при разных вязкостях рабочей жидкости и при разных частотах вращения вала | | | | | | | | |
|---|---------------------|--------|--|--------|---|--------|---|--------|
| Частота вращения, об/мин | Максимальный КПД, % | | Подача при максимальном КПД, м ³ /сут | | Напор при максимальном КПД (в пересчете на одну ступень), м | | Потребляемая мощность при максимальном КПД (в пересчете на одну ступень), кВт | |
| | 1 сСт | 50 сСт | 1 сСт | 50 сСт | 1 сСт | 50 сСт | 1 сСт | 50 сСт |
| 500 | 18,3 | 41,9 | 6,6 | 10,1 | 11,9 | 39,4 | 0,048 | 0,104 |
| 750 | 27,8 | 41,3 | 10,3 | 15,6 | 19,6 | 42,3 | 0,085 | 0,174 |
| 1000 | 30,0 | 40,4 | 15,4 | 21,3 | 21,3 | 42,3 | 0,123 | 0,243 |