

Винтовые насосные установки

PCP Systems

ЧАСТЬ 1 - Part 1

Сэнди Уильямс, ALP (Artificial Lift Performance)
Джей Ф. Ли, компания PLTech LLC

Винтовая насосная установка состоит из трех основных узлов:

- 1) скважинный насос, в конструкцию которого входит ротор и обойма;
- 2) шток, передающий вращающий момент на ротор насоса;
- 3) наземный привод винтового насоса (головка привода, редуктор, двигатель).

Принцип работы винтового насоса

- » Конструкция насоса содержит обойму и ротор и в целом аналогична конструкции гидравлического забойного двигателя.
- » Образно говоря, винтовой насос можно уподобить конвейеру сборочной линии: чем выше скорость – тем больше производительность.
- » В полости насоса находится металлический ротор и резиновая обойма. При вращении ротора камеры, образуемые поверхностями шнека и обоймы смещаются по спирали в направлении от всасывающего патрубка к нагнетающему, что обеспечивает движение флюида в требуемом направлении.
- » Ротор выполнен в форме винтового шнека, а обойма имеет однозаходную или двухзаходную спиральную нарезку. Шаг спирали обоймы вдвое превышает шаг винта ротора.
- » Уплотнение между поверхностью обоймы и ротора обеспечивает перекачку флюида вместе с содержащимися в нем газами или твердыми примесями.
- » Перекачиваемый флюид играет роль смазки для контактирующих поверхностей обоймы и ротора.
- » Винтовые насосы могут работать на глубинах до 8000 футов.
- » Максимальный напор составляет 11 800 футов, что соответствует перепаду давления в насосе 5112 фунтов/кв. дюйм.
- » Дебит по жидкости составляет 5 - 5300 баррелей в сутки.

Sandy Williams, ALP (Artificial Lift Performance)
J F Lea, PLTech LLC

A PCP system is made up of three principal components:

- 1) the downhole pump comprising of the rotor and stator
- 2) the rod string which provides the torque to turn the pump
- 3) surface drive system (drive unit, speed reducer and prime mover)

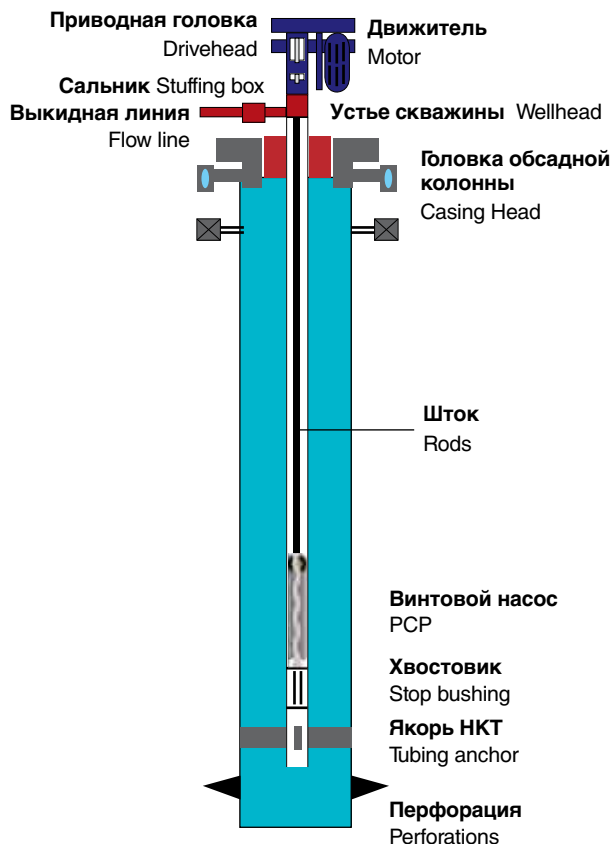


Рис. 1: Типичная схема винтовой насосной установки

Figure 1: Typical PCP System Configuration

- » Частота вращения ротора насоса составляет 100 - 1000 об./мин, причем для реальных условий эксплуатации более типичен диапазон 100 - 500 об./мин.
- » Производители насосов указывают их производительность как перекачиваемый за сутки объем жидкости в расчете на заданное число оборотов.
- » Допускается эксплуатация при температурах до примерно 350 °F (ограничения обусловлены свойствами используемого в конструкции насоса эластомера).

Винтовые насосные установки наиболее подходят для перекачки следующих жидкостей и сред.

- » среды с взвешенными твердыми примесями
- » высоковязкие среды
- » абразивные суспензии
- » смеси, содержащие жидкую фазу, твердые примеси и газ
- » неэмульгированные водонефтяные смеси

Поскольку винтовые насосы относятся к насосам вытеснения, перепад давления на насосе не сказывается на их производительности. Тем не менее, по мере увеличения перепада давления уплотнение полостей между поверхностями ротора и обоймы оказывается недостаточным, что ведет к оттоку перекачиваемой жидкости и снижению к.п.д. насосной установки, который зависит от натяга и степени герметичности уплотнения на стыке поверхностей обоймы и ротора, а также вязкости перекачиваемой среды.

На рис. 4 показана кривая производительности винтового насоса. Напор соответствует ось абсцисс, а подаче – ось ординат (следует обратить внимание, что для погружных электрических насосов оси выбираются наоборот); подача увеличивается только при увеличении частоты вращения. При увеличении напора насоса подача остается неизменной до тех пор, пока не возникает отток жидкости в насосе, после чего подача насоса снижается по мере увеличения напора.

Диапазон давлений для винтового насоса ограничивается следующими факторами:

- » характеристики материала обоймы;
- » свойства перекачиваемой жидкости (главным образом – давление);



Рис.2: Гидравлический привод винтовой насосной установки

Fig 2: PCP Installation, hydraulic drive

Pump Operation

- » the pump consists of a rotor and a stator and function in a similar manner to a downhole mud motor.
- » in simple terms the pump can be thought of as a conveyor belt on an assembly line, the faster the conveyor belt the more production is obtained.
- » within the pump a series of cavities are formed between the metal pump rotor and the rubber stator, as the rotor turns the cavities spiral up the pump from intake to discharge carrying the well fluid through the pump.
- » the rotor has the shape of an external spiral (or helix) machined onto its surface while an internal spiral with one more lobe is moulded into the surface of the stator. The pitch of the helix of the stator is twice that of the pitch

of the rotor.

- » the constantly sweeping seal line between the stator and rotor facilitates the transport of entrained gas or solids.
- » the pumped fluid provides lubrication between the stator and rotor.
- » operating depth up to 8000ft.
- » maximum head approx 11800 ft of head or 5112 psi of differential pressure across the pump.
- » production rates 5 - 5300 BFPD.
- » Pump speed 100 - 1000 RPM although for oilfield operation, speeds of 100 - 500 RPM are more typical.
- » pump displacement is quoted by manufacturers in terms of fluid volume per day per rpm.
- » operating temperature approaching 350 deg F (elastomer limitation).

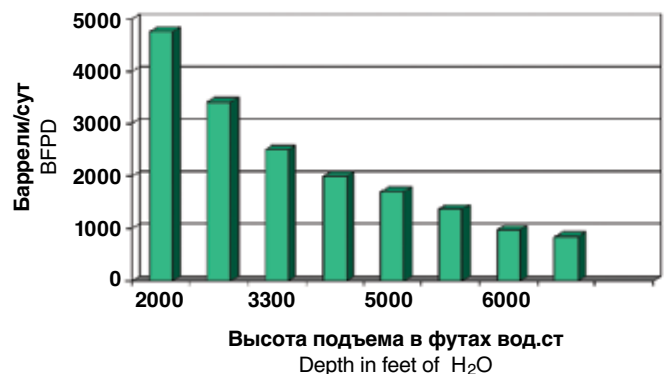


Рис.3:Пример зависимости подача-напор

Figure 3: One manufacturer's rate/head chart

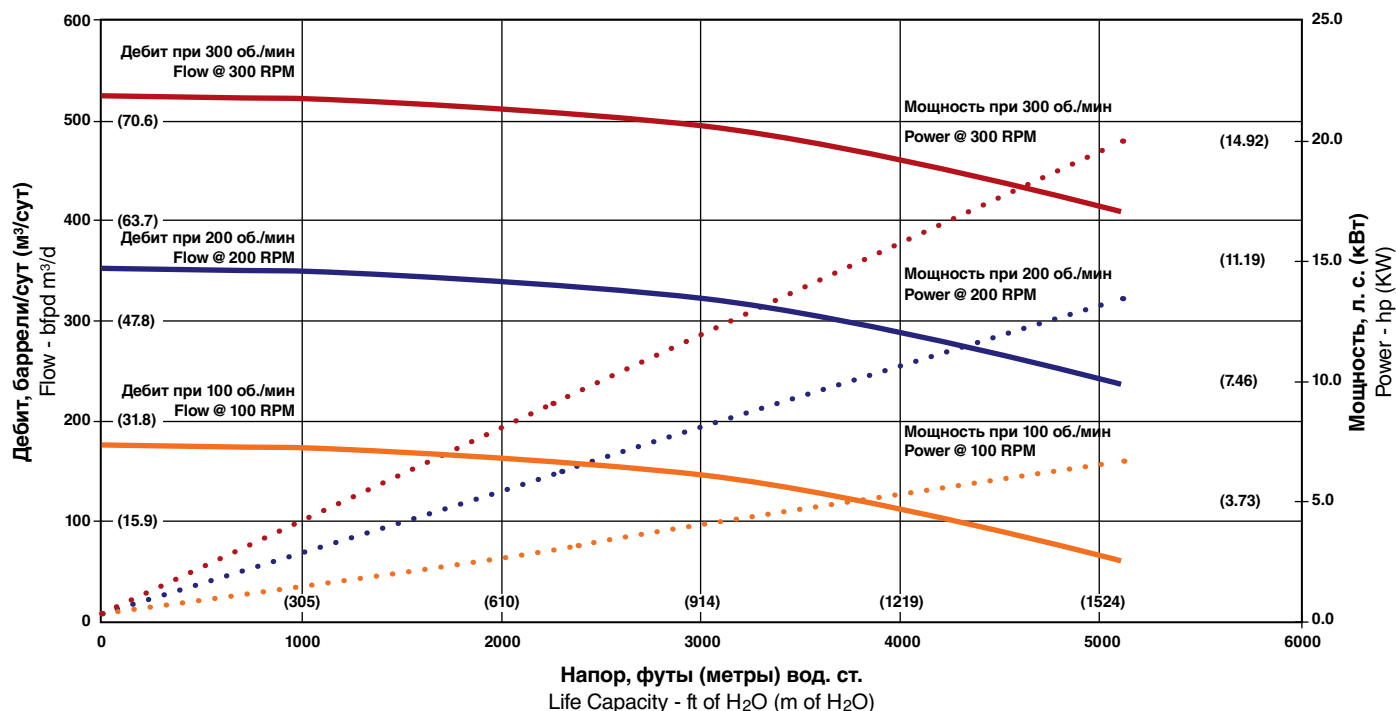


Рис. 4: Кривая производительности винтового насоса номинальной производительностью 170 баррелей/сут. на 100 об./мин при максимальном напоре 4000 футов водного столба. Примечание: наблюдается снижение к.п.д. по мере увеличения напора.

Figure 4: Pump curve for a PCP rated for 170 bfpd per 100 rpm and a maximum head of 4000 ft H₂O. Note: drop in efficiency with increasing head, increasing HP and increasing head

- » натяг контактирующих поверхностей ротора и обоймы.

Общий к.п.д. винтовой насосной установки обычно выше, чем при использовании других способов механизированной добычи, что видно из следующей таблицы:

Тип установки	Типичный к.п.д. (%)
Винтовой насос	60 - 75
Штанговый насос	45 - 60
Погружной ЭЦН	35 - 40
Газлифт	5 - 30
Струйный насос	10 - 25

Устройство насоса

Насос конструктивно состоит из двух вложенных друг в друга винтовых спиралей, подобных винтовой передаче:

- » внутренней спирали соответствует металлический ротор в виде однозаходного винта;
- » обойма из податливого материала содержит на внутренней поверхности двухзаходную спираль, шаг которой в два раза больше, чем шаг винта ротора.

PCPs are particularly well suited to pumping the following types of fluid:

- » solids in suspension
- » high viscosities
- » abrasive slurries
- » solids, liquids, gas mixtures
- » oil and water mixtures without emulsification

Since the PCP is a positive displacement pump its performance is not affected by pressure across the pump. However, with increasing pump differential the seal between the individual cavities is not adequate and slippage of the pumped fluid takes place resulting in a drop in pump efficiency. Pump efficiency is a function of the interference fit between the rotor and stator and the viscosity of the fluid pumped.

Figure 4 shows a pump curve for a PCP. Head is plotted on the x-axis and flowrate is plotted on the y-axis (note this is the opposite of an ESP pump curve); flowrate only increases with increasing RPM. With increasing pump head the flow rate is initially constant until slippage starts to occur in the pump; pump flowrate then drops with increasing head.

В неподвижном состоянии поверхности обоймы и ротора насоса в сборе образуют несколько отдельных одинаковых камер. При вращении ротора внутри обоймы эти камеры смещаются вдоль оси насоса от всасывающего патрубка к нагнетательному, обеспечивая тем самым движение жидкости в насосе.

Винтовые насосы характеризуются числом заходов винтовых спиралей ротора и обоймы. Наиболее распространены насосы с однозаходным винтом ротора и двухзаходным винтом обоймы (1:2), характеризующиеся следующим расположением и очертаниями камер между поверхностями винтовых спиралей:

Число камер во всех поперечных сечениях насоса равно числу заходов винта обоймы, т. е. при отношении заходов винтов 1:2 в сечении образуется две камеры, разнесенные на 180°. Длина каждой камеры равняется ходу винта обоймы. Камеры непосредственно прилегают друг к другу. Шаг винта ротора равняется половине шага винта обоймы.

Помимо насосов с однозаходным винтом ротора ряд производителей выпускает насосы с многозаходными винтами как ротора, так и обоймы.

PCP pressure limitation is a function of:

- » stator material
- » fluid properties (mainly viscosity)
- » interference fit between stator and rotor

Total power system efficiency is usually higher for PCPs than other forms of artificial lift system, as demonstrated by the following table:

System Type	Typical Efficiency (%)
PCP	60 - 75
Rod Pump	45 - 60
ESP	35 - 40
Gas Lift	5 - 30
Jet Pump	10 - 25

Pump Geometry

The pump consists of two helices, one inside the other, which constitutes a helical gear:

- » the metal rotor, the internal one, is a simple helix;
- » the soft stator, the external one, is a double helix with twice the pitch length of the rotor.

The geometry of the assembly is such that it constitutes

Наше оборудование — для Вашего спокойствия

170 лет в машиностроении!

Более 15 лет вместе с нефтегазовым комплексом СНГ!

Производство и поставка насосного (включая многофазные насосы) и технологического оборудования мирового класса для добычи, подготовки, транспорта и глубокой переработки нефти и газа. Технический сервис сложного турбинного, насосного и компрессорного оборудования; технологии поверхностной обработки и продления срока службы для деталей с интенсивным механическим и коррозионным износом.

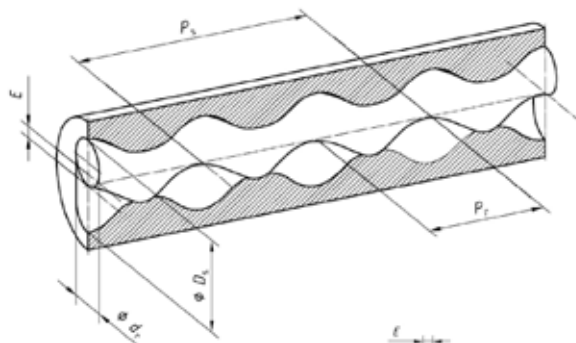
SULZER

Представительство в Москве:
119034 Россия, г. Москва,
ул. Остоженка, 6, стр. 3, этаж 3
Тел.: +7 (495) 363 24 60
Факс: +7 (495) 363 24 59
E-mail: moscow@sulzer.com
www.sulzer.com

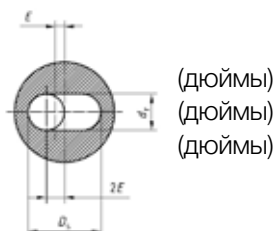
Типоразмеры насосов

Для определения типоразмеров насосов используются перечисленные ниже размеры.

Расшифровка:



D_s = диаметр обоймы
 d_R = диаметр ротора
 E = эксцентриситет
 P_s = шаг винта обоймы (дюймы)
 P_r = шаг винта ротора (дюймы)



Площадь поверхности жидкости во всех поперечных сечениях насоса рассчитывается по формуле:

$$A_{fluid} = 4E \times d_R.$$

Объем жидкости в каждой камере рассчитывается по формуле:

$$V_{cavity} = 4E \times d_R \times P_s.$$

Теоретическая подача насоса (для насоса с однозаходным ротором) в имперской системе единиц рассчитывается по формуле:

$$PD = 5.94 \times 10^{-1} \times d_R \times E \times P_s,$$

где

PD = удельная подача насоса (баррели/сутки/об./мин)

То же самое уравнение, после замены значения постоянной на $5.7E-6$, используется для расчета удельной подачи в единицах системы СИ, выражаемой как м³/сут/об./мин.

Общая подача рассчитывается по формуле:

$$Q = PD \times RPM,$$

где

Q = подача, баррели/сут.

RPM = частота вращения ротора насоса, об./мин

Расчетная подача Q отличается от фактического дебита продукции на устье в связи с:

- потерями (отток и утечки) в винтовом насосе;
- уменьшением объема жидкости в нормальных условиях по сравнению с объемом в пластовых условиях.

Типичное значение объемного к.п.д. составляет 70 – 80%.

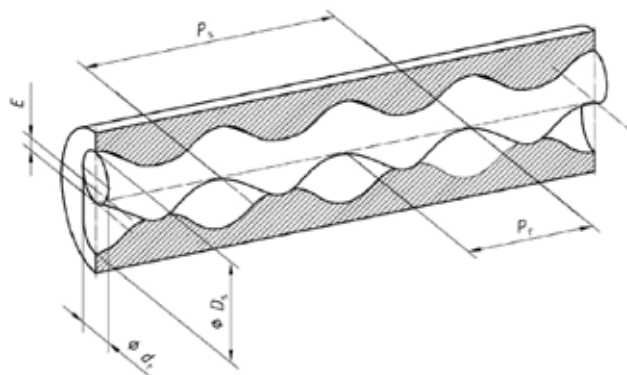
a series of identical, separate cavities. When the rotor is rotated inside the stator these cavities move axially from one end of the stator to the other, from suction to discharge, creating the pumping action. Pumps are described by the ratio of lobes created by the rotor and stator geometry. The most typical pump for oil production is a pump with a 1:2 geometry is referred to as a single lobe pump and creates geometry as follows:

At any cross-section the number of cavities is equal to the number of lobes on the stator i.e. for a 1:2 geometry there are 2 cavities 180° apart. Cavities are one stator pitch in length. One cavity starts where the other ends. The pitch of the rotor is one-half that of the stator.

In addition to single lobe pumps some manufacturers have designs for multilobe systems, where additional lobes are added to the rotor and stator.

Pump Displacement

Pump dimensions are identified using the following terminology:



where

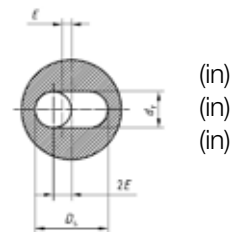
D_s = Diameter of rotor

d_R = Diameter of rotor

E = pump eccentricity

P_s = stator pitch (in)

P_r = rotor pitch (in)



At any cross section of the pump the area of fluid is equal to:

$$Area_{Fluid} = 4E \times d_R$$

And the volume of fluid per cavity is equal to:

$$Volume_{per\ cavity} = 4E \times d_R \times P_s$$

Taking into account units the theoretical pump displacement (single lobe pump) can be determined from:

$$PD = 5.94 \times 10^{-1} \times d_R \times E \times P_s,$$

where

PD = pump displacement (bbl/day/rpm)

Новый пробковый кран ANSON серии DV

Кран, допускающий возможность безопасной регулировки одним оператором

- Сверхкомпактная конструкция
Масса всего 23 кг (50 фунтов)
- Превосходит изделия конкурентов, имеющие массу 42 кг (93 фунта)
- Условный проход 2 дюйма
- Поданы заявки на патенты



г. Гейтсхэд, Англия Тел.: +44 (0)191 482 0022 Факс: +44 (0)191 487 8835 Эл.

почта: anson-gateshead@anson.co.uk

г. Хьюстон, США Тел.: +1 713 466 9470 Факс: +1 713 466 7482 Эл. почта: sales@ansoninc.com

г. Хоума, США Тел.: +1 985 876 0880 Факс: +1 985 876 7482 Эл. почта: sales@ansoninc.com

Сингапур Тел.: +65 6214 2183 Факс: +65 6214 Эл. почта: anson.singapore@anson.com.sg

г. Абердин, Шотландия Тел.: +44 (0)1224 0022 Факс: +44 (0)1224 771 848 Эл. почта: sales@ansonab.co.uk

г. Дубай, ОАЭ Тел.: +9714 8838659 Факс: +9714 8838663

Эл. почта: sales@ansondubai.com

г. Москва, Российская Федерация Тел.: +7 495 589 1028 Факс: +7 495 589 1028

Эл. почта: anson@anson-moscow.ru

www.anson.co.uk

ANSON

Производитель оборудования для разведки и добычи нефти и газа



DB6 2 дюйма. Рис. 602
Пробковый кран двойного назначения
6 000 фунт/дюйм² (41 369 кПа)



DB10 2 дюйма. Рис. 1502
Пробковый кран для высокосернистого газа
10 000 фунт/дюйм² (68 948 кПа)



DB15 2 дюйма. Рис. 1502
Пробковый кран стандартного назначения
15 000 фунт/дюйм² (103 421 кПа)



Легкий штуцерный манифольд с 5 кранами

Производители винтовых насосных установок обычно не приводят в публикациях сведения об эксцентриситете, диаметре ротора и шаге спирали обоймы, в связи с чем ручной расчет подачи насоса оказывается непростой задачей. Вместо этого производители приводят кривые эксплуатационных характеристик насоса и значения удельной подачи (баррель/сут./об./мин), а также величину максимального перепада давления как величину напора или давления на единицу площади с учетом используемого в конструкции эластомера обоймы.

Номенклатура насосов

Производители винтовых насосов не сразу перешли к использованию единой системы маркировки моделей производимых насосов, хотя, как правило, в обозначении модели содержались сведения о величинах удельной подачи и максимального перепада давления в метрической или имперской системе единиц. Примеры таких обозначений приведены ниже.

Моyno 50-N-340 - максимальный напор 5000 футов, удельная подача 340 баррелей/сут. /100 об./мин.
PCM 15-TP-1200 - подача 15 м3/сут. при частоте вращения 500 об./мин. при нулевом напоре; максимальный напор 1200 м.

Для расшифровки обозначения насоса требовалось знать название производителя и принятую им номенклатуру. Причем различия касались не только номенклатуры, но и кривых эксплуатационных характеристик насосов. Принятие стандарта ISO 15136 способствовало унификации обозначений и упрощению расшифровки обозначений насосов. Согласно упомянутому стандарту, для указания характеристик обоймы используется следующая система обозначений:

vvv-hhhh-eee

Расшифровка:

vvv = номинальная удельная подача в кубических метрах на 100 об./мин

hhhh = номинальный напор
(высота водяного столба в метрах)

eee = код эластомера обоймы

Обозначение характеристик роторов:

vvv-hhhh-rrr

Расшифровка:

vvv = номинальная удельная подача в кубических метрах на 100 об./мин

hhhh = номинальный напор
(высота водного столба в метрах)

rrr = код типоразмера ротора

The same equation is applicable for calculating flowrate using metric units if the constant is changed to 5.7E-6. The flowrate calculated will be in m3/day/rpm. and total flow is calculated as:

where

$$Q = PD \times RPM,$$

Q = flowrate (bbl/day) RPM = Pump rotational speed (RPM)

The calculated Q will differ from actual production rates at surface due to:

- inefficiency (slip/leakage) in the PCP
- downhole fluid volume will be higher than that at the surface (Bo effect).

Volumetric efficiencies of 70 – 80% are typical.

PCP manufacturers do not usually publish figures on the pump eccentricity, diameter of the rotor and stator pitch and so it is difficult to manually calculate pump rates. Instead manufacturers provide a pump curve and a value for displacement (bbl/day/rpm) and maximum pressure differential rating in terms of head or psi for a specific rotor elastomer.

Pump Nomenclature

Historically, PCP manufactures have not used the same convention for the naming of pumps although most pump names have numbers in the name that provide an indication of pump displacement and maximum differential pressure in either metric or imperial units for example.

Moyno 50-N-340 - maximum head of 5000 ft displacement of 340 bbl/day/100rpm,. PCM 15-TP-1200 - displacement of 15 m3/day at 500 rpm with zero head, maximum head of 1200 m.

In order to know what each pump name meant it was necessary to know the manufacturer and their designation of pump type. Not only was their nomenclature different but so were their graphs of pump performance. Through ISO 15136 manufacturers are moving to use one standard terminology which will simplify the understanding of pump types. Under this standard the following terminology will be used for stators:

vvv-hhhh-eee

where

vvv = nominal capacity per rpm expressed in units of cubic metres per 100 rpm

hhhh = nominal head rating (metres of water)

eee = the elastomer code

and for rotors:

vvv-hhhh-rrr

where:

vvv = nominal capacity per rpm expressed in units of cubic metres per 100 rpm

hhhh = nominal head rating (metres of water)

rrr = the rotor size code

CWS
CASPIAN WIRELINE SERVICES LTD.

Wireline logging and perforating services to oil production companies in Azerbaijan.
 Specialists in high quality cost effective services in the Caspian Sea Region.



**THROUGH SUPPORT FROM SUPPLIERS AROUND THE
 WORLD, CWS IS CURRENTLY
 PROVIDING THE SERVICES LISTED BELOW:**

Open Hole Logging

(Tucker Technologies, Inc.)

- Phased Induction Log
- Dual Laterolog
- Micro-Laterolog
- Microlong
- Compensated Density
- Litho-Density
- Compensated Neutron
- Caliper
- Gamma Ray
- Spectral Gamma Ray
- Dipmeter
- VSP, Seismic Checkshots (Read)

Directional Survey

- Continuous Inertial Gyro

Cased Hole Logging

(Probe Technology Services)

- Cement Bond Log
- Compensated Neutron
- Gamma Ray
- Caliper
- Free Point Services

Production Logging (Sondex)

- Flowmeter
- Fluid Density
- Fluid Capacitance
- Pressure
- Temperature
- X-Y Caliper
- Gamma Ray

Perforating (Owen Oil Tools)

Wireline Conveyed

- Through Tubing
- Through Casing
- Packers and Plugs
- Pipe Recovery

Tubing Conveyed

Well Testing

- 3 Phase Separator
- 15 Kpsi Choke Manifold
- Pressure Monitoring (Calscan)
 - Surface
 - Downhole
 - Analysis (Kappa Engineering)

Since November 2000, Caspian Wireline Services, Ltd., CWS, has been providing wireline services to provide solutions fit for the marketplace and deliver the services required logging and perforating services to oil production companies in Azerbaijan. We specialize in providing high quality cost effective services in the Caspian Sea Region. In an efficient manner.

Address: 19, Aziz Nazarov Str.,
 Baidardar, Baku, Azerbaijan, AZ1021
 Tel. +994 12 502 77 02
 +994 12 497 45 70
 +994 12 497 45 71
 Fax +994 12 502 17 81
 Email: sales@cws.az
 URL: www.cws.az

