

УДК 621.3

**СКВАЖИННЫЙ ВОДЯНОЙ ДВИГАТЕЛЬ  
DOWNHOLE WATER MOTOR**

П.П. Денисенко, М.С. Акулич

Научный руководитель – В.В. Зеленко, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

P. Denisenko, M. Akulich

Supervisor – V. Zelenko, Senior Lecturer  
Belarusian national technical university, Minsk

*Аннотация:* доклад предназначен для ознакомления с понятием скважинный водяной двигатель. Применением, устройством, принцип работы.

*Abstract:* the report is intended to familiarize you with the concept of a downhole water engine. Application, device, principle of operation.

*Ключевые слова:* энергия, энергетика, водяной двигатель, мощность, поршень.

*Keywords:* energy, energy, water engine, power, piston.

**Введение**

Автономное водоснабжение – неотъемлемый атрибут современного коттеджа построенного в стороне от городских или поселковых трасс водопровода. Насос приобретается из расчета потребностей в воде, высоты подъема, дальности транспортировки. В большинстве своем, это скважинные насосы с однофазным двигателем без встроенного конденсатора. Подключать такой двигатель необходимо при помощи устройств, которые обеспечат безопасный пуск, а также защиту машины во время перегрузок и аварийных отключений.

**Основная часть**

В скважинном водяном двигателе, содержащем источник воды, питательную емкость, преобразователь возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение выходного вала с установленным на нем маховиком, две идентичные - первую и вторую рабочие группы, включающие полый поршень с выпускным клапаном, срабатывающим в его нижнем положении, рабочую камеру-гильзу цилиндра, расположенную ниже преобразователя движения поршня во вращательное движение выходного вала, между поршнем и гильзой цилиндра имеется зазор без уплотнения, а также клапан с управляющим им устройством, кулачком, установленным на поршне, подводящий и отводящий каналы, причем детали, расположенные ниже преобразователя возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение выходного вала, установлены в вертикальных интервалах первой и второй буровых скважин, сообщенных в нижней своей части с зоной ухода воды, а в верхней - оборудованной установленными в ней двумя соосными колоннами обсадных труб большего и меньшего диаметра.

Питательная емкость машины образована кольцевым объемом между обсадными колоннами и имеющим сообщение с источником воды, например, с подземным водоносным горизонтом, а рабочая камера образована объемом

обсадной колонны меньшего диаметра, причем скважина сообщена с зоной ухода воды ниже обсадных колонн, подводящие каналы выполнены с обеспечением условия сообщения питательной емкости с полостью поршней и их заполнения водой самотеком в верхнем положении поршней. Поршни между собой соединены канатом, охватывающим два блока, установленных посредством муфт одностороннего действия, например, обгонных на входных валах преобразователя возвратно-поступательного перемещения поршней во вращательное движение выходного вала, представляющего собой двухвходовый реверсивный редуктор, либо мультипликатор, а зоной ухода воды является интервал направленной дренажной скважины, пробуренной до сообщения с рекой в нижнем ее течении. Пространственное положение осей вертикальных интервалов первой и второй скважин, а также оси интервала направленно пробуренной дренажной скважины совпадают с положением вертикально ориентированной плоскости; второй скважиной является вертикальный ее интервал более удаленный по вертикали от сообщения интервала дренажной скважины с рекой, причем этот интервал является продолжением ее вертикального интервала, а вместе они представляют собой единую вторую скважину. Вертикальный интервал первой скважины пробурен до пересечения с направленно пробуренным интервалом второй скважины.

В скважинном водяном двигателе, далее СВД:

- в случае не пересечения первой скважины в нижней ее части с направленно пробуренным интервалом второй скважины. Они могут быть сообщены посредством каналов природной трещиноватости или вызванной путем гидроразрыва либо путем взрывания горных пород между ними;
- источником воды могут быть - река в верхнем ее течении, озеро или водохранилище.

На рисунке 1 в качестве примера приведена принципиальная схема устройства (для пояснения принципа работы) предлагаемого водяного двигателя. На рисунке 2 приведена кинематическая схема двухвходового мультипликатора двигателя.

Преимуществами рассматриваемого водяного двигателя являются более высокие показатели его ресурса и энергоэкономичности и более широкие условия его применения.

**Скважинный водяной двигатель** содержит: 1, 1' - питательную емкость; 2 - водоносную подземную зону; 3, 3' - впускные клапаны первой и второй рабочих групп, соответственно (в последующем обозначение со штрихом означает одноименный элемент относящийся ко второй рабочей группе); 4, 4' - гильзы; 5, 5' - поршни; 6 - канат; 7, 7' - шкивы; 8, 8' - муфты одностороннего действия; 9 - преобразователь попеременного реверсивного вращения входных валов во вращательное движение выходного вала, в последующем - преобразователь; 10, 10' - впускные кулачки; 11, 11' - выпускные клапаны поршней; 12, 12' - упоры выпускных клапанов поршней; 13, 13' - выходные каналы; 14, 14' - вертикальные интервалы второй и первой скважин, соответственно; 15, 15' - промежуточные шестерни первой и второй рабочих групп, соответственно; 16, 16' - выходные

муфты одностороннего действия реверсивного редуктора (мультипликатора); 17 - выходная шестерня с выходным валом; 18 - маховик; 19 - выходной вал; 20 - воздушный колпак; 21 - штуцер; 22 - промежуточный ролик-шквив; 23 - интервал направленно пробуренной дренажной скважины (интервал второй скважины).

Работает водяной двигатель следующим образом. Питательные емкости 1 и 1' наполняются водой из подземной водоносной зоны 2 через фильтры, установленные в обсадной трубе большего диаметра. Один из поршней двигателя, например, поршень 5 подводится к своей верхней мертвой точке (ВМТ) - положение показано на рисунке 1 (подводка поршня производится с помощью вспомогательного устройства (ручного), которое на рисунке 1 не показано). При этом соединенный с ним поршень 5' устанавливается в своей нижней мертвой точке (НМТ). В таком состоянии двигателя поршень 5 установленным на нем кулачком 10 открывает впускной клапан 3 и вода из питательной емкости 1 поступает в полость поршня 5, а выпускной клапан 11' поршня 5' взаимодействует с упором 12', открывается и вода из поршня 5' вытекает в выходной канал 13' (нижняя часть первой скважины 14') и далее в направленно пробуренный интервал дренажной (второй) скважины 23, по которой транспортируется к зоне ухода воды - реке. Полость поршня 5 заполняется водой, а полость поршня 5' освобождается от воды, при этом вес  $P_1$  поршня 5 увеличивается, а вес  $P_2$  поршня 5' уменьшается. После завершения процессов заполнения-истечения, за счет превышения  $P_1 > P_2$  поршень 5 начинает движение вниз, при этом поршень 5' перемещается вверх. При движении поршня 5 вниз, а поршня 5' вверх перемещение каната 6 вызывает вращение шкивов 7 и 7' в направлении против часовой стрелки. Шкивы 7 и 7' сопряжены с валами посредством муфт одностороннего действия, например обгонных, установленных так, что при движении каната в каждом из направлений срабатывает одна из обгонных муфт. При движении поршня 5 вниз вращение передается от шкива 7 посредством обгонной муфты 8 на входной вал блока 7. Вращение входного вала шкива 7 посредством шестерен 15 и 17 (рисунок 2), установленных в преобразователе попеременного реверсивного вращения входных валов во вращательное движение выходного вала 9, передается его выходному валу 19, на котором установлен маховик 18. При достижении поршнем 5 своей НМТ его выпускной клапан 11 взаимодействует с упором 12, установленным в скважине, и открывается, а поршень 5' достигает своей ВМТ, при этом установленным на нем кулачком 10' открывается впускной клапан 3'. При таком положении поршней вода из полости поршня 5 вытекает и по направленно пробуренному интервалу дренажной (второй) скважины 23 транспортируется к зоне ухода воды - реке, а полость поршня 5' наполняется водой. После завершения процессов заполнения-истечения, за счет превышения веса  $P_2 > P_1$ , поршень 5' начинает двигаться вниз, при этом связанный с ним канатом 6 поршень 5 начинает перемещаться вверх. При движении поршня 5' вниз, а поршня 5 вверх перемещение каната вызывает вращение шкивов 7 и 7' в направлении по часовой стрелке. При таком направлении движения каната вращение шкива 7' посредством обгонной муфты 8' передается на входной вал шкива 7'. Вращение входного вала шкива 7' посредством шестерен 15' и 17

передается выходному валу 19. В последующем цикл работы двигателя повторяется.

В двигателе используется гравитационная составляющая рабочего хода поршня (за счет силы тяжести) на всем интервале от водоносной зоны до зоны ее ухода. Теоретическая потенциальная энергия поршня наполненного водой может быть определена из выражения:

$$A_{\text{п}} = m \cdot g \cdot h \quad (1)$$

$A_{\text{п}}$  - потенциальная энергия поршня, Дж;  $m$  - масса поршня, кг;  $g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $h$  - высота падения поршня (разница между положениями глубин водоносной зоны и зоны ее ухода), м.

Рабочий ход двигателя может составлять от метров до нескольких их десятков.

Таким образом, в системе двух соединенных между собой канатом поршней, под действием гравитационных сил, попеременно заполняемых водой поршней, устанавливаются их периодические движения вниз - вверх. Мощность, развиваемая в такой динамической системе, изначально определяется усилием в канате и линейной скоростью его движения, а на выходном валу - с учетом потерь на трение.

Остановка двигателя осуществляется с помощью сжатого воздуха, например, аккумулярованного в баллоне (на рисунке 1 не показан). Шлангом баллон с вентилем подсоединяется к штуцеру 21, и сжатый воздух поступает в кольцевой объем выше уровня жидкости - воздушный колпак 20. По мере увеличения давления в воздушном колпаке уровень жидкости в кольцевом объеме начинает перемещаться вниз, а объем воздушного колпака - увеличиваться. При положении уровня жидкости ниже впускного клапана 3' исключается возможность поступления воды из кольцевого объема 1' в полость поршня 5' при очередном достижении им ВМТ. Работа двигателя прекращается.

В рассматриваемом двигателе рабочий ход поршня 5 (5') от ВМТ до НМТ составляет расстояние от водоносной зоны до положения упоров выпускных клапанов поршней 12 и 12', которое может составлять единицы или десятки метров.

Когда расход воды при работе двигателя не превышает естественного восполнения, истощения запасов подземных вод в данном водоносном горизонте не происходит, его гидростатическое давление сохраняется, и двигатель может работать бесконечно долго.

Возможны и другие варианты питания скважинного водяного двигателя водой, когда питательная емкость представлена расположенными на поверхности водоемами природного или искусственного происхождения.

Двигатель может работать в качестве источника электрической энергии в том случае, если его вал соединен с валом электрогенератора и они работают в спарке.

Технические характеристики электродвигателей для скважинных насосов:

- асинхронный двухполюсный ( $2850 \text{ мин}^{-1}$ );
- погружной, маслonaполненный;

- мощность 0,37 – 7,5 кВт;
- номинальное напряжение: – 230 В, 400 В; частота 50 Гц;
- перепады напряжения питания: +6% – 10%;
- максимально допустимое количество включений за час: – 30 раз с интервалами между запусками в 60 секунд;
- номинальная рабочая температура окружающей среды: – 30°C;
- способ монтажа – вертикальный и горизонтальный;
- минимальная скорость обтекания жидкости – 8 см/сек;
- класс защиты: – IP 68;
- класс изоляции: – F;
- режим работы – продолжительный.

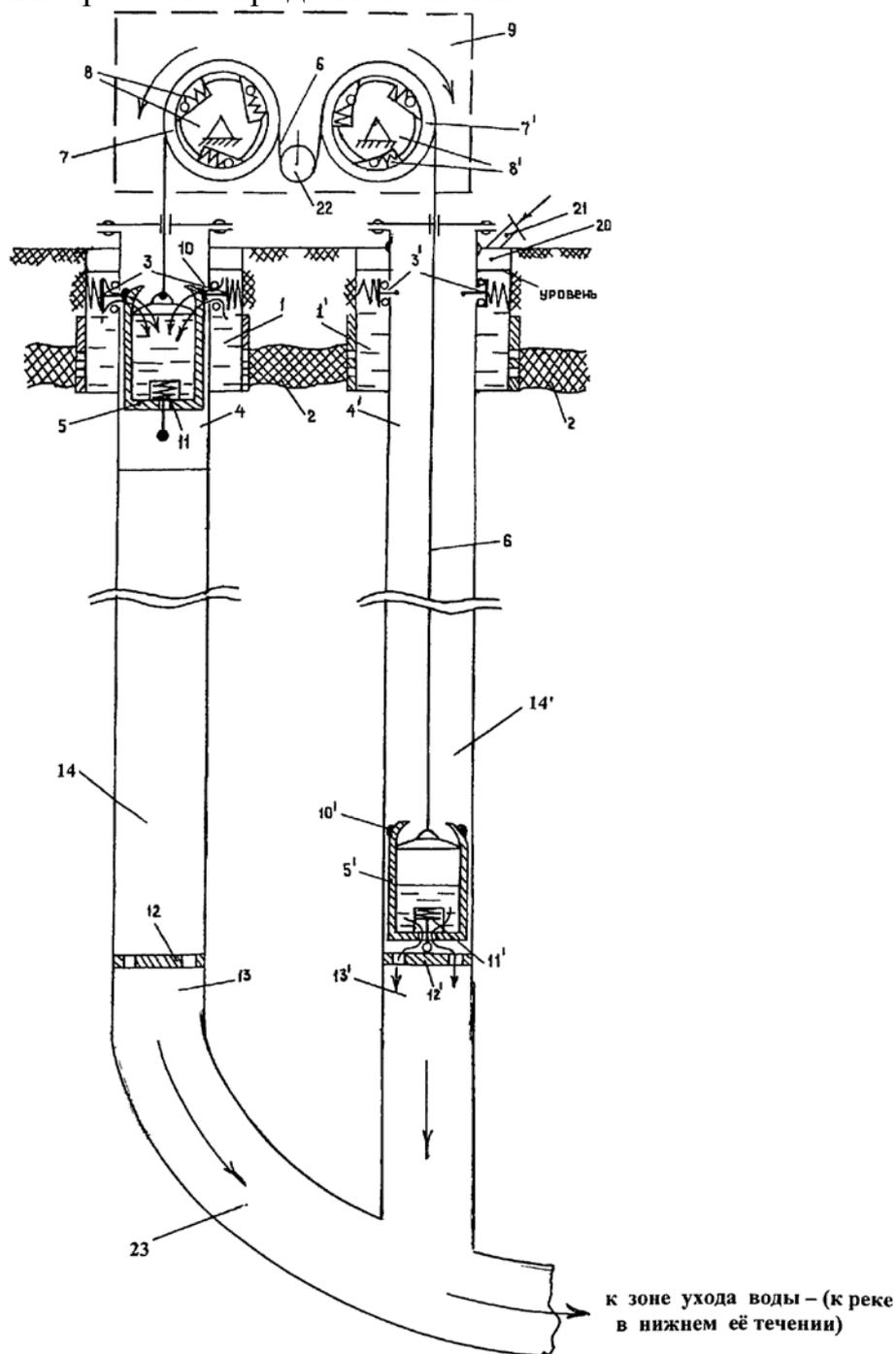


Рисунок 1 – Принципиальная схема устройства водоснабжения

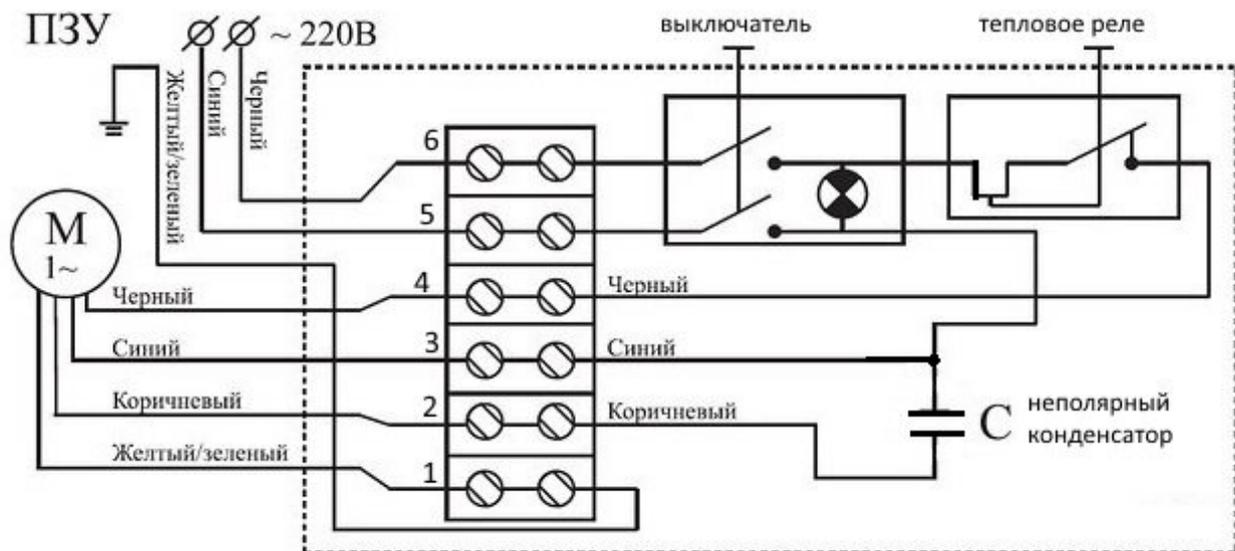


Рисунок 2 – Кинематическая схема двухвходового мультипликатора двигателя

### Заключение

Достоинства рассматриваемого водяного двигателя являются высокие показатели экономичности расходования воды при работе, энергосбережение и более широкие горно-гидра-геолого-технические условия применения. Более высокая экономичность расходования воды заключается в том, что она не расходуется из хозяйственного оборота, в полном объеме возвращается в реку и может быть использована далее для различных целей. Эффект большего энергосбережения объясняется тем, что при работе двигателя в качестве энергоисточника, он является возобновляемым, так как вода не изымается из ее кругооборота (не изымается из хозяйственного обращения), а возобновляемые источники энергии являются технической основой энергосберегающих технологий. Более широкие горногидрогеологотехнические условия применения объясняются потенциальным разнообразием применяемых в нем источников воды – природные и искусственно созданные поверхностные и подземные.

Применение рассматриваемого водяного двигателя позволит увеличить возможности нетрадиционной электроэнергетики, использующей альтернативные источники энергии, в том числе такие возобновляемые ресурсы как подземные воды и водоемы поверхностные природного и искусственного происхождения.

Преимуществом двигателя при его питании от водоносного горизонта и использовании в качестве источника электроэнергии, в сравнении с речными ГЭС (в холодное время, в условиях резко континентального климата), является возможность эксплуатации его круглогодично. В таких районах, в частности, при низких температурах, при которых реки замерзают, так как, используемая в нем рабочая среда – подземная вода не замерзает.

### Литература

1. Электронный ресурс: <https://www.pedrollo.ru/information/skvazhinnye-nasosy-pedrollo/>. Дата доступа: 08.11.2021

2. Электронный ресурс: <https://poleznayamodel.ru/model/12/128255.html>  
Дата доступа: 08.11.2021
3. Схема: <https://nasos-pump.ru/pogruzhnye-dvigateli-dlya-skvazhinnyx-n/>.  
Дата доступа: 08.11.2021