

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ МАШИННОГО АГРЕГАТА ПОРШНЕВОГО НАСОСА

*Дин Юнкан, Иванова Г.В., Тарасенко Е.А.*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург*

**Ключевые слова:** насос поршневой, машинный агрегат, кинематический расчет, динамический расчет.

**Аннотация.** В работе представлена классификация насосов, показаны схема машинного агрегата и схема двухпоршневого насоса двухстороннего действия. Выполнены метрический и кинематический анализ механизма, построены графики зависимости перемещения поршня, аналогов скоростей и ускорений определены динамические характеристики для заданных условий работы насоса. Рассмотрен вариант очистки внутренней поверхности цилиндра от частиц шлама.

## RESEARCH OF THE MECHANISMS OF THE MACHINE ASSEMBLY OF A PISTON PUMP

*Ding Yongkang, Ivanova G.V., Tarasenko E.A.*

*Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg*

**Keywords:** piston pump, machine unit, kinematic calculation, dynamic calculation.

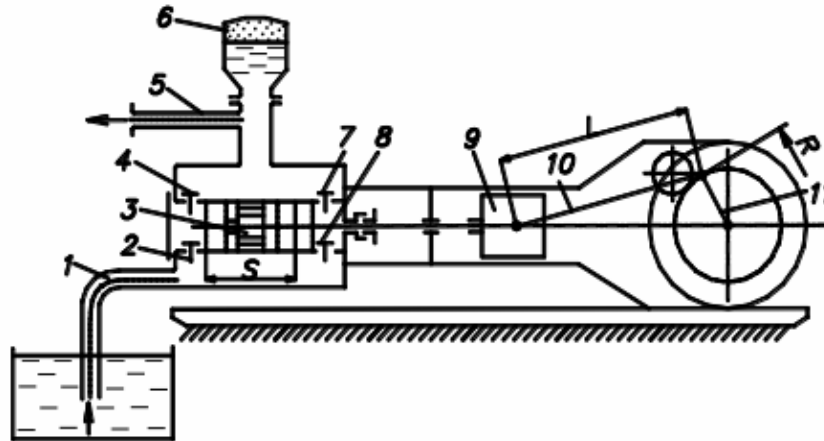
**Abstract.** The paper presents a classification of pumps, shows a diagram of a machine unit and a diagram of a double-acting double-piston pump. The metric and kinematic analysis of the mechanism is carried out, graphs of the piston displacement, analogues of speeds and accelerations are plotted, dynamic characteristics are determined for the given operating conditions of the pump. A variant of cleaning the inner surface of the cylinder from sludge particles is considered.

Насосы представляют собой механические устройства для подачи или перекачки текучего вещества из более низкой в более высокую точку или из зоны низкого в зону высокого давления, преобразуя механическую энергию приводного двигателя в механическую энергию движения жидкости. Они способны поднять жидкость на определенную высоту, подать ее на требуемое расстояние в горизонтальном направлении, заставить циркулировать жидкость в какой-либо замкнутой системе.

Существуют разнообразные конструкции гидравлических насосов и множество методов их классификации. В зависимости от вида движения устройства различают линейного типа при возвратно-поступательном движении и поворотного типа при качании; в зависимости от гидравлического давления разделяют на типы одностороннего и двойного действия; в соответствии со структурой – на поршневой тип, плунжерный тип, многоступенчатый телескопический тип втулки, реечный тип и т.д.

Поршневые насосы более универсальные по сравнению с центробежными с точки зрения, что их возможно использовать для перекачивания жидкостей как с различными физическими свойствами, наличием твердых взвешенных частиц, при большой вязкости, поэтому они нашли широкое применение в химической

промышленности, нефтегазовой отрасли [1]. На рисунке 1 показана схема приводного поршневого насоса двойного действия.



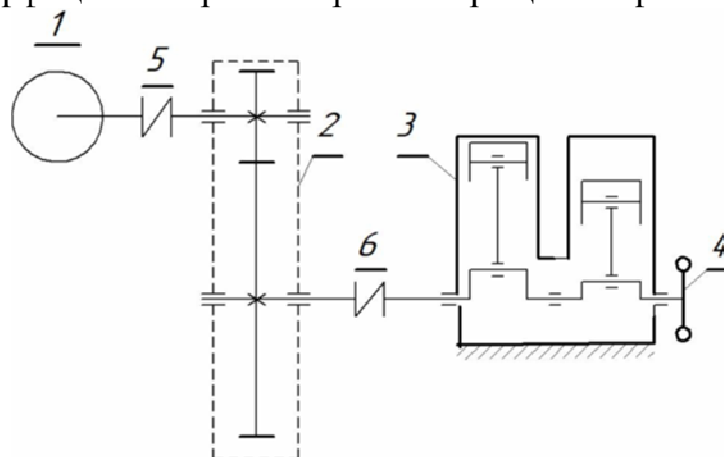
1-всасывающий трубопровод; 2,8-всасывающие клапаны; 3-поршень; 4,7- нагнетательные клапаны; 5- нагнетательный трубопровод; 6- напорная камера, 9-ползун (крейцкопф); 10-шатун; 11-кривошип

Рис. 1. Схема приводного поршневого насоса двойного действия

В данной работе представлены результаты исследования двухпоршневого насоса двухстороннего действия при различной величине технологической нагрузки и рассмотрен вариант очистки внутренней поверхности цилиндра при перекачивании материалов, содержащих частицы шлама.

На рисунке 2 представлена схема машинного агрегата двухпоршневого насоса двухстороннего действия. Схема механизма показана на рисунке 3.

Расчет выполнен для двух вариантов действительного расхода рабочей жидкости  $Q$  равных 0,01 и 0,02 м<sup>3</sup>/с по методике, изложенной [2]. Другие численные значения исследуемых объектов одинаковые по величине.  $P_{cp}=0,3$ МПа – среднее постоянное удельное давление на поршень;  $n_{кр}=250$  об/мин – частота вращения кривошипа;  $d_n=0,15$ м – диаметр поршня;  $\lambda=0,25$  – геометрический параметр механизма (отношение радиуса кривошипа к длине шатуна);  $\delta=0,01$  – допускаемый коэффициент неравномерности вращения кривошипа.



1 - электродвигатель (трехфазный асинхронный единой серии 5А); 2 - редуктор одноступенчатый цилиндрический; 3 - двухпоршневой насос двухстороннего действия; 4 - маховик; 5, 6 – соединительные упругие (эластичные) муфты

Рис. 2. Схема машинного агрегата

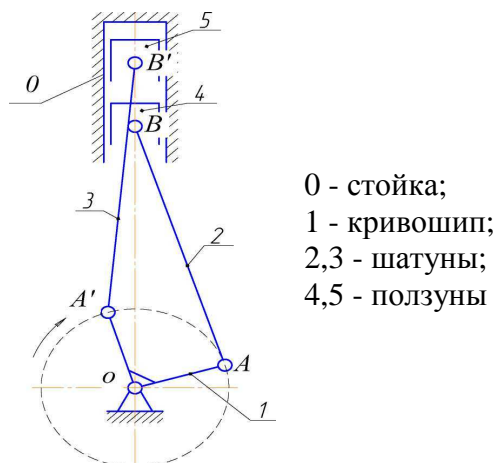


Рис. 3. Схема механизма с кривошипами, расположенными под углом 90°

В ходе исследования и проектирования машинного агрегата двухпоршневого насоса двухстороннего действия выполнены:

1. Структурный анализ механизмов машинного агрегата, состоящего из шестизвенного кривошипно-ползунного механизма (КПМ) и передаточного механизма – определено число степеней свободы равное 1;

2. Метрический синтез механизма насоса – определен объем насоса  $V_0$ , который составил соответственно 0,003 м<sup>3</sup> и 0,005 м<sup>3</sup>; рабочий ход поршня  $S_0$  0,038 м и 0,071 м, длина кривошипа 0,019 м и 0,035 м, длина шатуна 0,076 м и 0,140 м.

3. Кинематический анализ механизма – построены планы скоростей и ускорений звеньев, построены графики функции перемещения, аналога скорости и ускорения (рис. 4-6).

4. Расчет суммарного приведенного момент сил (рис. 7)

Максимальная избыточная работа для варианта 1 составляет 33,42 Дж, для варианта 2 составляет 61,39 Дж.

5. Выбор электродвигателя: для 1 варианта расчета АИРМ132S6 с номинальной мощностью 5,5 кВт, частотой вращения ротора при номинальной нагрузке двигателя 960 об/мин; для 2 варианта – 5А160S6 с номинальной мощностью 11 кВт; – частотой вращения ротора при номинальной нагрузке двигателя – 970.

6. Расчет момента инерции маховика 3,57 кг · м<sup>2</sup> и 6,08 кг · м<sup>2</sup>.

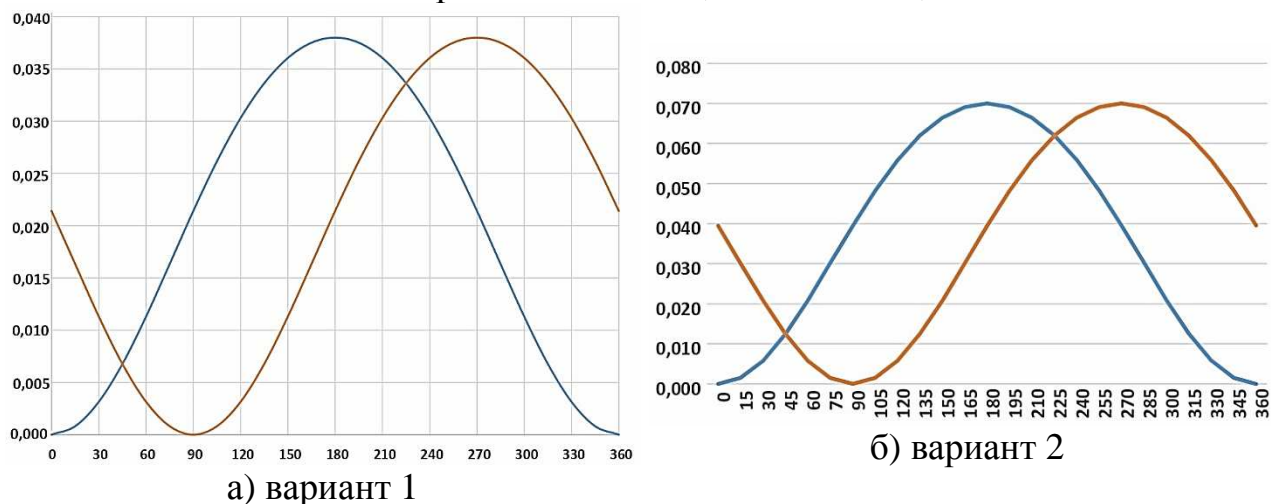
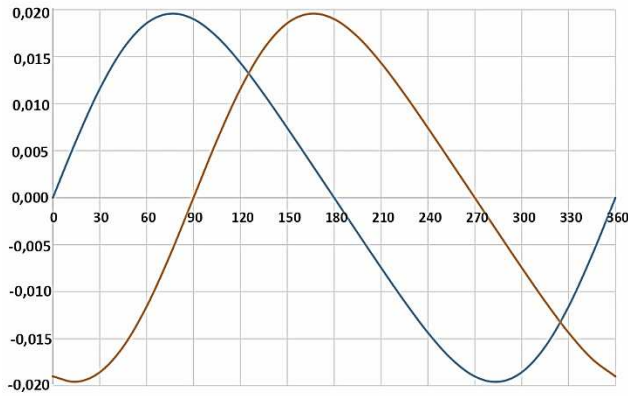
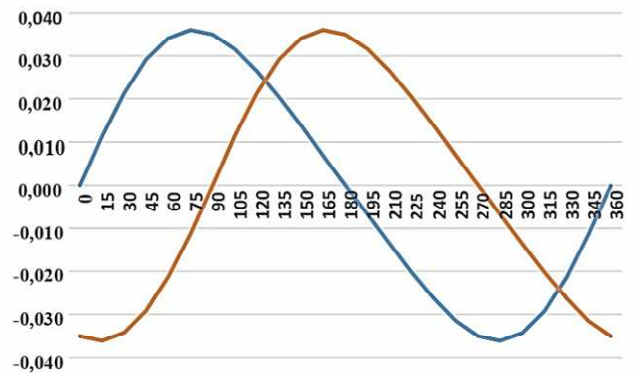


Рис. 4. Диаграмма перемещений ползунов

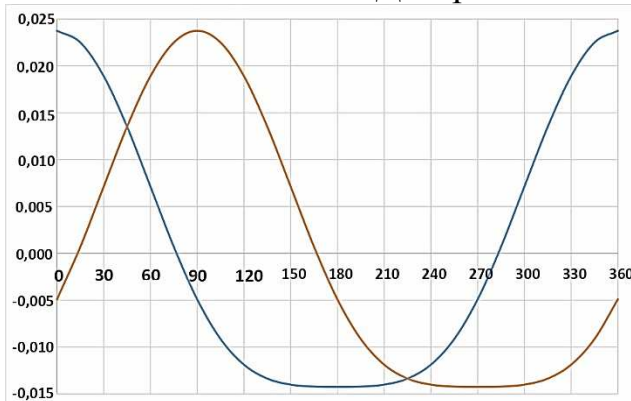


а) вариант 1

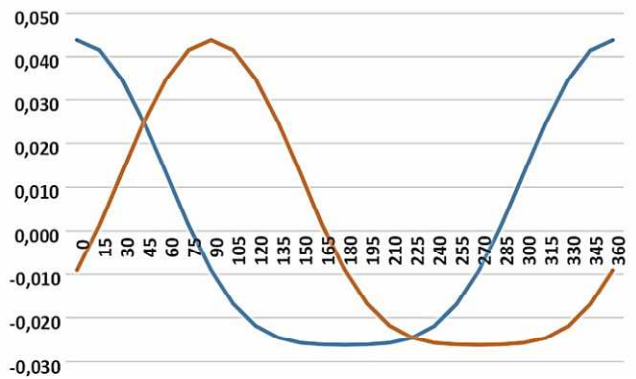


б) вариант 2

Рис. 5. Диаграмма аналогов скоростей ползунов

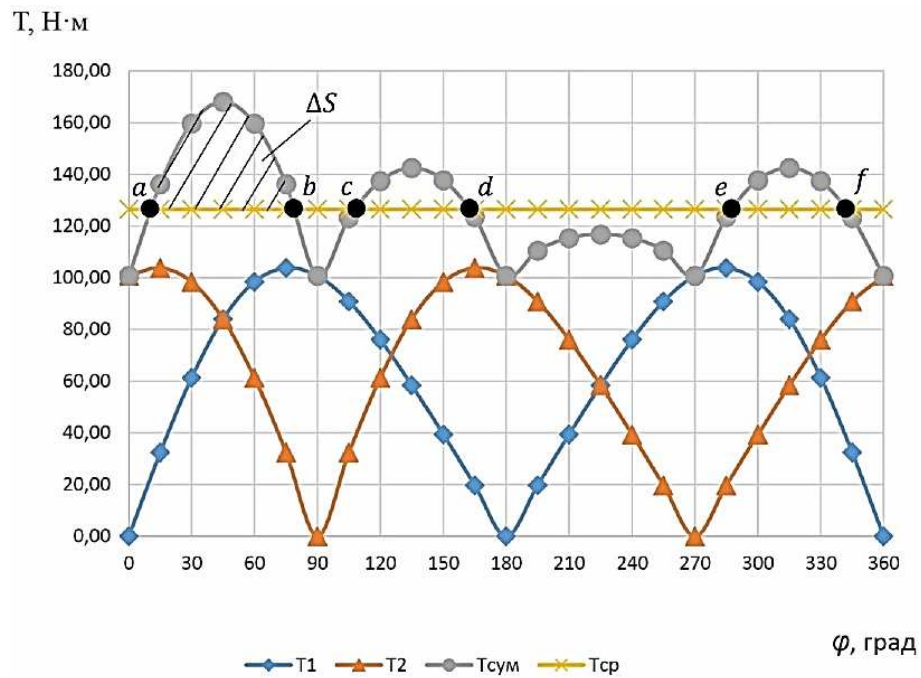


а) вариант 1



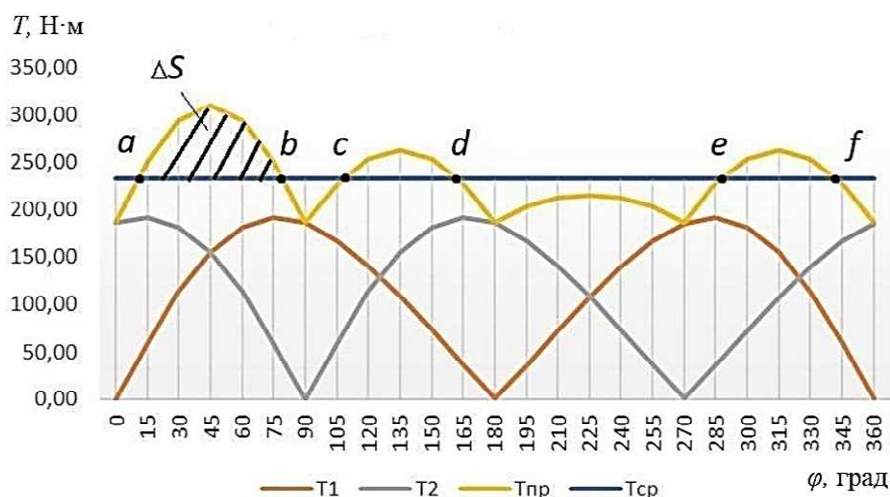
б) вариант 2

Рис. 6. Диаграмма аналогов ускорений ползунов



а) вариант 1

Рис. 7. Графики приведенных моментов



б) вариант 2

Рис. 7. Графики приведенных моментов

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод, что при увеличении производительности насоса при одинаковых исходных значениях частоты вращения, среднего давления на поршень и т.д. расчетные параметры выше как по кинематическим, так и динамическим характеристикам механизмов привода.

При перекачивании жидкостей с примесями частиц различных по величине фракций они оседают на внутренней поверхности цилиндра, что уменьшает его объем и снижает производительность насоса. Существуют различные способы очистки поверхности [3-5] для бурового насоса одностороннего действия.

Авторами рассматривается вариант очистки цилиндра 3 поршневого насоса за счет установки на шток 1 дополнительного элемента в виде крыльчатки 4, выполненного из пластика, например, методом 3D-печати, который имеет возможность вращаться относительно концевой части штока, а осевое перемещение элемента ограничивается кольцом 5 (рис. 8). На концах элемента 4 может быть дополнительно закреплен съемный упругий очиститель 6.

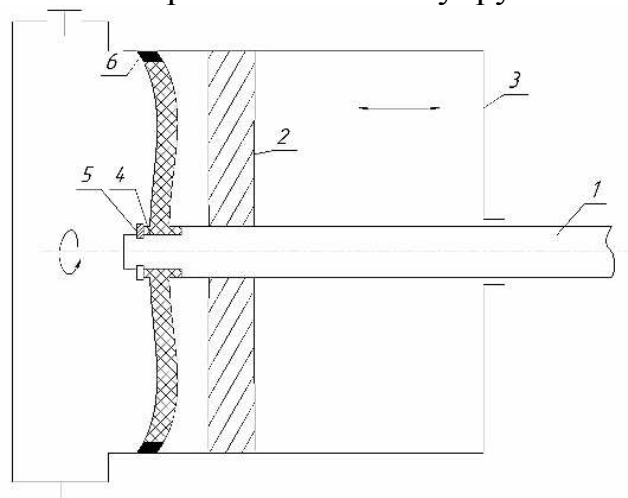


Рис. 8. Схема очистки цилиндра насоса

При поступательном перемещении поршня вправо-влево открываются и закрываются всасывающий и нагнетательный клапаны. При движении вправо всасывающий клапан открывается, объем камеры увеличивается, при движении

влево открыт нагнетательный клапан, всасывающий клапан закрыт. Под действием напора жидкости элемент с крыльчаткой совершает вращательное движение, а упругие очистители удаляют с поверхности цилиндра осевшие частицы, что позволяет не уменьшать объем цилиндра, обеспечивает заданную производительность и параметры технологического процесса.

#### **Список литературы**

1. Расчет на прочность буровых насосов: учеб. пособие / Л.Н. Цехмистро, Е.С. Крупа, В.Э. Дранковский, А.Н. Хандурин, К.С. Резвая – Харьков: НТУ «ХПИ», 2016. – 110 с.
2. Фролов К.В. Теория механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 1987. – 496 с
3. Патент РФ №2315893 РФ. Буровой поршневой насос одностороннего действия / Сидоренко О.Я. – заявка №2005108038/06 от 22.03.2005; опубл. 27.01.2008, Бюл. №3
4. Патент РК №25687. Буровой поршневой насос одностороннего действия / Нугуманов К.К., Елефтериادي Д.К. – Опубл. 16.04.2012, Бюл. №4.
5. Патент KZ №29438. Буровой поршневой насос одностороннего действия / Калиев Б.З., Карманов Т.А., Исагулов Н.М., Нугуманов К.К., Татаева Ж.К. – Опубл. 25.12.2014, Бюл. №12.

#### Сведения об авторах:

*Дин Юнкан* – магистр;

*Иванова Галина Валерьевна* – старший преподаватель Высшей школы машиностроения Института машиностроения, материалов и транспорта, инженер-исследователь международного научно-образовательного центра «BaltTribo-Polytechnic»;

*Тарасенко Елена Александровна* – к.т.н., доцент Высшей школы машиностроения Института машиностроения, материалов и транспорта.