

Анализ существующих конструктивных решений шестеренных насосов с регулируемой подачей

В данной статье дан анализ известных конструктивных решений шестеренных насосов с регулируемой подачей.

шестеренные насосы с регулируемой подачей, объем рабочей камеры, принцип регулирования подачи

Анализ известных конструкций шестеренных насосов с регулируемой подачей позволяет все множество конструкций разделить по следующим группам (классам):

1. Регулирование подачи путем перепуска рабочей жидкости из камеры нагнетания в камеру всасывания.

2. Регулирование подачи изменением полноты заполнения объема рабочей камеры (ОРК) шестеренного насоса.

3. Регулирование подачи изменением ОРК шестеренного насоса, при этом возможны три конструктивные схемы:

3.1 Регулирование подачи изменением ОРК шестеренного насоса относительным перемещением шестерен в осевом направлении.

3.2 Регулирование подачи ступенчатым изменением ОРК насоса путем использования многшестеренного насоса.

3.3 Регулирование подачи изменением объема рабочей камеры шестеренного насоса путем изменения степени заглубления зуба в межзубовую впадину, что достигается изменением межцентрового расстояния.

Регулирование подачи рабочей жидкости перепусканием рабочей жидкости из камеры нагнетания в камеру всасывания

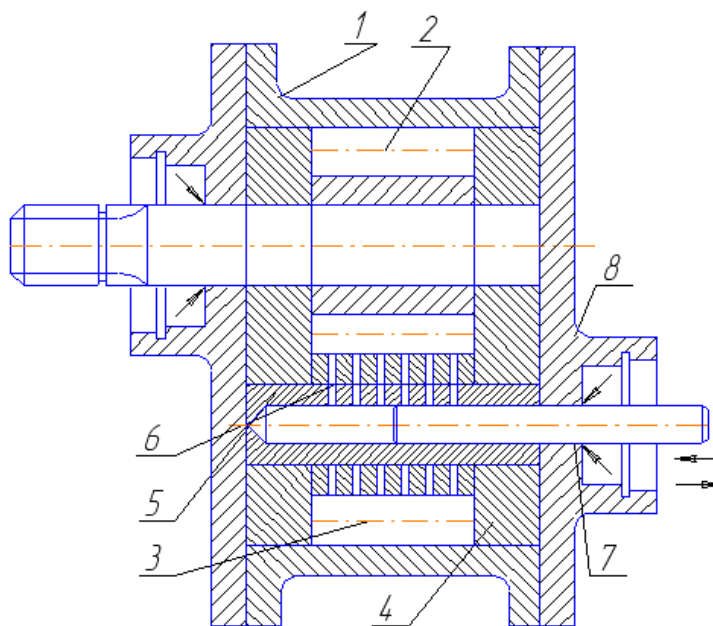
Для перекачивания вязких жидкостей, прядильных растворов была предложена конструкция шестеренного насоса (см. рис. 1) [1], в котором ведомая шестерня 3 и ось 5 снабжены радиальными отверстиями 6, которые связывают всасывающую и нагнетающую камеры насоса. Регулирование подачи происходит перемещением штока 7 в осевом направлении, при этом открывается часть радиальных отверстий 6 в шестерни и оси, и тем самым соединяем камеру всасывания с камерой нагнетания.

Предложенный способ регулирования подачи по своей сути является дросселированием излишков рабочей жидкости. В процессе дросселирования излишков рабочей жидкости происходят потери потенциальной энергии, приобретенной рабочей жидкостью при перекачивании.

Регулирование подачи рабочей жидкости изменением полноты заполнения объема рабочей камеры шестеренного насоса

Сущность способа заключается в том, что отдельные элементы РК шестеренного насоса - межзубовые впадины в процессе работы насоса заполняются не на полный объем. Этот способ регулирования можно реализовать путем установки дросселя на вход насоса. Однако такой режим работы шестеренного насоса сопряжен с рядом недостатков: кавитацией рабочей жидкости, повышением вибрации из-за

недозаполнения ОРК рабочей жидкостью, которые приводят к быстрому выходу насоса из строя.



1 – корпус; 2 – шестерня ведущая; 3 – ведомая шестерня; 4 – подшипники скольжения;
5 – ось; 6 – отверстия; 7 – шток, 8 – крышка.

Рисунок 1 – Регулируемый шестеренный насос [1]

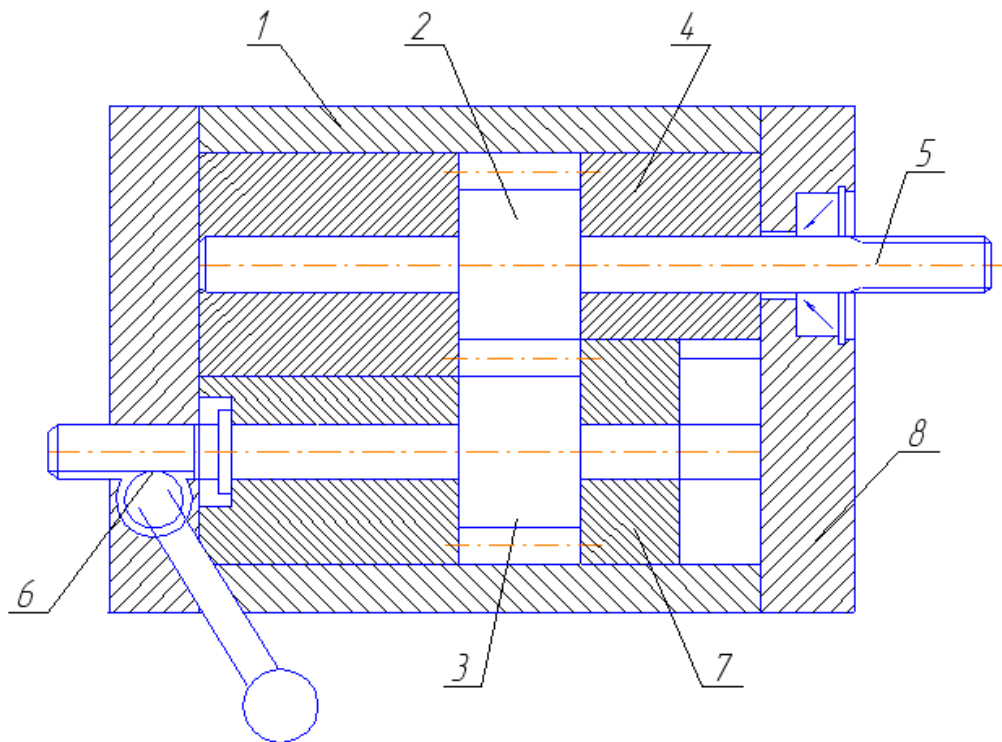
Регулирование подачи рабочей жидкости изменением объема рабочей камеры шестеренного насоса относительным перемещением шестерен в осевом направлении

Регулирование подачи рабочей жидкости изменением ОРК шестеренного насоса относительным перемещением шестерен в осевом направлении является одной из самых распространенных конструктивных схем [2 - 7].

Данная группа конструкций работает следующим образом (см. рис. 2): рабочая жидкость захватывается ведущей 2 и ведомой шестернями 3 и переносится в межзубовых впадинах вдоль корпуса 1 и нагнетается в полость высокого давления. Для получения переменной подачи ведомая шестерня 3 за счет механизма регулирования 6 перемещается в осевом направлении вдоль уплотняющей втулки 4. Ведомая шестерня 3 перемещается по поверхности сопряжения подшипников ведущей шестерни 4 по дугообразной выемке (рис. 2). При этом происходит изменение ОРК шестеренного насоса за счет уменьшения высоты активной части шестерен, находящихся в зацеплении [2-7].

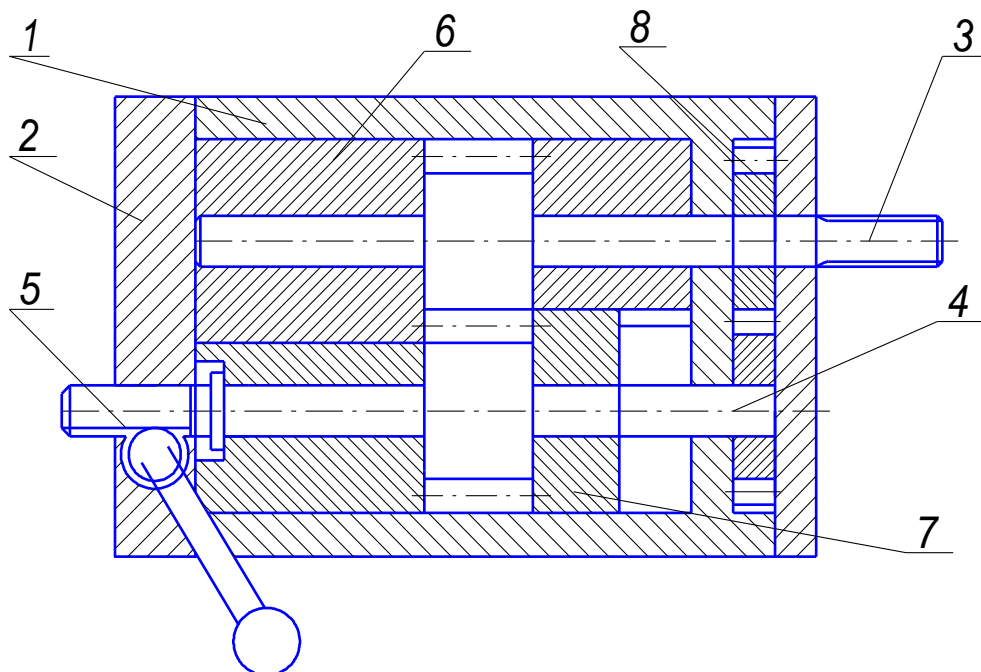
Для обеспечения возможности реверсирования и получения нулевой производительности насоса, и разгрузки зубьев шестерен, главным образом на режимах малой подачи, была предложена схема [8, 9] в которой предлагается валы шестерен оснастить синхронизирующим их вращение механизмом 8 (см. рис. 3).

Для повышения скорости регулирования предлагается конструкция регулируемого шестеренного насоса (см. рис. 4) [9], в котором для облегчения перемещения ведомой шестерни 3 вдоль вала 8 установлена пружина 6, а шестерни имеют спиральные зубья поэтому, при перемещении, ведомая шестерня 3 как бы ввинчивается в ведущую 2, в результате чего облегчается и ускоряется ее перемещение, обеспечивается быстрый переход от малой подачи на большую.



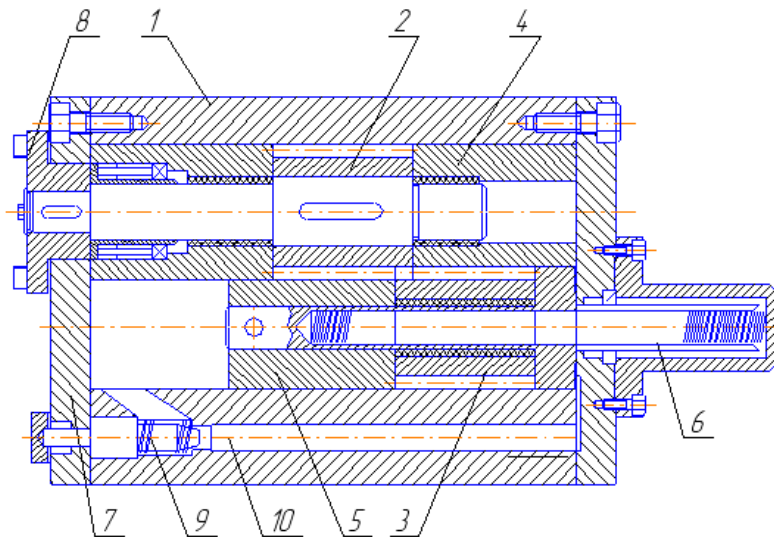
1 – корпус, 2, 3 – ведущая и ведомая шестерня, 4 – втулка направляющая, 5 – приводной вал, 6 – механизм регулирования, 7 – уплотняющая втулка, 8 – крышка

Рисунок 2 – Общая конструктивная схема шестеренных гидромашин внешнего зацепления с регулируемой подачей [2-7], осуществляемой относительным перемещением шестерен в осевом направлении



1 – корпус, 2 – крышка, 3, 4 – ведущая и ведомая шестерня, 5 – механизм регулирования, 6 – подшипники скольжения ведущей шестерни, 7 – подшипники скольжения ведомой шестерни, 8 – синхронизирующий механизм

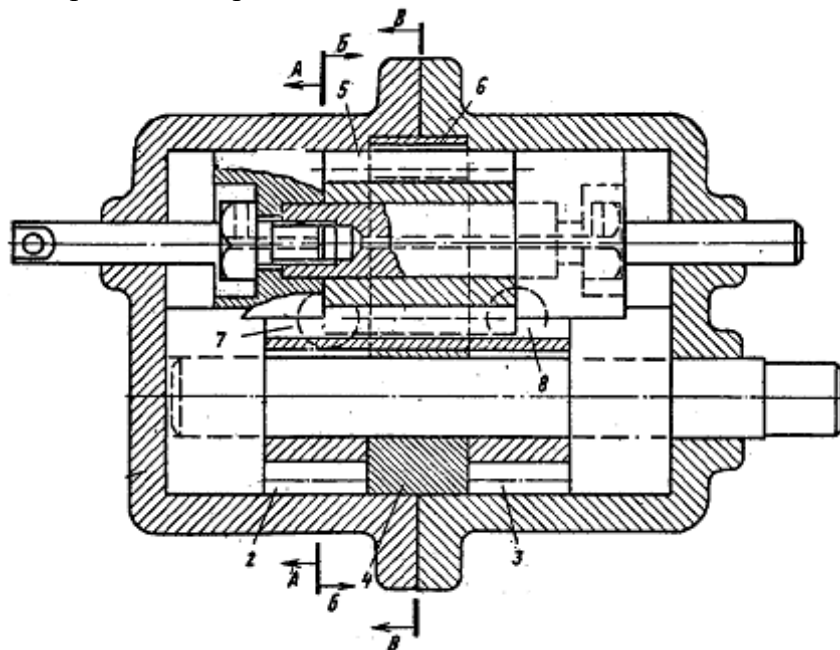
Рисунок 3 – Шестеренный насос с возможностью регулирования и реверсирования потока рабочей жидкости [8]



1 – корпус; 2 – ведущая шестерня; 3 – ведомая шестерня; 4, 5 – подшипники скольжения; 6 – пружина; 7 – крышка; 8 – приводной вал; 9 – предохранительный клапан; 10 – канал

Рисунок 4 – Шестеренная гидромашина внешнего зацепления с регулируемой подачей и автоматическим устройством для регулирования подачи от давления [9]

Для регулирования и реверсирования потока рабочей жидкости без вспомогательных устройств (см. рис. 5) [10], предлагается установить два продольно размещенных и разделенных дополнительно установленным подпятником скольжения 4 ведущую шестерню 2, 3, а ведомая шестерня 5 снабжена кольцом с внутренними зубьями 6, равными по ширине и контактирующими с внешней поверхностью подшипника скольжения. При этом образованные по обе стороны от кольца и подшипника скольжения секции 7, 8 имеют индивидуальные нагнетающие и всасывающие каналы, причем нагнетательный канал одной секции соединен с всасывающим второй и наоборот.

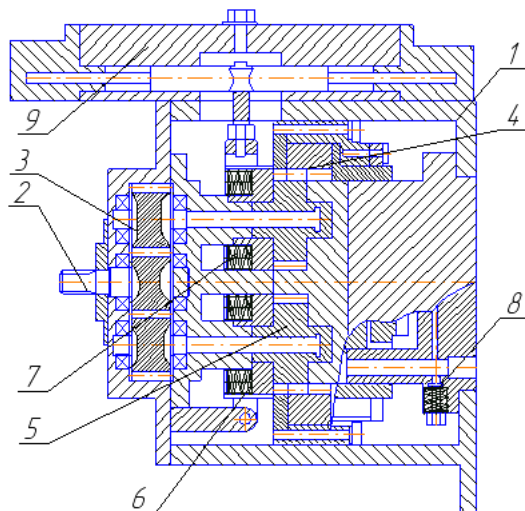


1 – корпус; 2, 3 – ведущая шестерня; 4 – подшипник скольжения; 5 – ведомая шестерня; 6 – обойма; 7, 8 – секции

Рисунок 5 – Регулируемый шестеренный насос [10]

В А. с. № 2194190 [11], предлагается конструкция шестеренного насоса с регулированием подачи, которая позволяет реверсировать поток рабочей жидкости, расширить диапазон регулирования и повысить объемный КПД насоса (см. рис. 6).

Поставленная задача достигается тем, что четыре ведущие шестерни 5 находятся в зацеплении с ведомой шестерней 4, которая выполнена с зубьями внутреннего зацепления и может перемещаться в осевом направлении, система клапанов 8 дает возможность реверсировать поток рабочей жидкости, а также работать одной паре шестерен в режиме мотора, а второй в режиме насоса. Конструкция также оборудована насосом низкого давления 3, которое позволяет более качественно заполнить впадины зубьев ведомой и ведущей шестерни регулируемого насоса.



1 – корпус; 2 – приводной вал; 3 – масляный насос низкого давления, 4 – ведомая шестерня, 5 – ведущая шестерня, 6 – механизм регулирования; 7 – компенсатор; 8 – обратный клапан, 9 – крышка

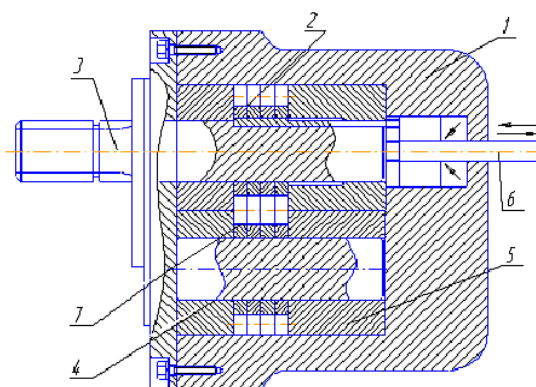
Рисунок 6 – Шестеренный насос реверсивный с регулируемой производительностью [11]

К недостаткам регулирования подачи рабочей жидкости изменением объема рабочей камеры шестеренного насоса относительным перемещением шестерен в осевом направлении [2-11] следует отнести невозможность уплотнить торцы шестерен. Этот принцип регулирования подачи шестеренного насоса может быть реализован только в насосах низкого давления, которые используют, как подкачивающие насосы и насосы используемые в системах. Именно поэтому описанный способ регулирования подачи шестеренного насоса не нашел промышленного распространения.

Регулирование подачи рабочей жидкости изменением объема рабочей камеры шестеренного насоса ступенчатым изменением объема рабочей камеры насоса путем использования многшестеренного насоса

Для регулирования потока рабочей жидкости предлагается простая конструкция шестеренного насоса (см. рис. 7) [12], в котором ведущая и ведомая шестерни 2 и 7 размещены в цилиндрических расточках корпуса и выполнены в виде набора шестерен и установлены на валах 3 и 4, причем шестерни установленные с возможностью свободного вращения относительно вала. Механизм регулирования производительности выполнен в виде подвижного в осевом направлении фиксируемого элемента – шпонки. Для регулирования подачи насоса шпонки перемещают в пазах в осевом направлении, при этом часть шестерен выходит из зацепления с валом и перестает вращаться. Длина рабочего зацепления уменьшается, что приводит к уменьшению подачи насоса.

К недостаткам предлагаемого способа регулирования подачи следует отнести относительную сложность конструкции, резкое уменьшение коэффициента подачи из-за увеличения количества торцовых сопряжений и ступенчатость изменения подачи.



1 – корпус, 2 – блок ведущих шестерен, 3 – приводной вал, 4 – ось, 5 – подшипники скольжения, 6 – механизм регулирования, 7 – блок ведомых шестерен.

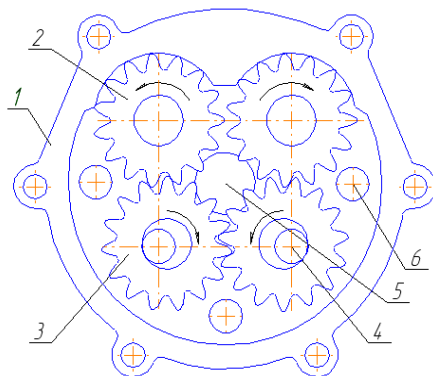
Рисунок 7 – Регулируемый шестеренный насос [12]

Регулирование подачи рабочей жидкости изменением межцентрового расстояния

Наиболее реальным принципом регулирования подачи для создания работоспособной конструкции шестеренного насоса с регулируемой подачей является принцип, который базируется на изменении глубины внедрения зубьев шестерен в межзубовую впадину (см. рис. 8) [13, 14, 15]. В конструкции изменение глубины внедрения зубьев шестерен в межзубовую впадину осуществляется эксцентриковым механизмом, который позволяет изменить межцентровое расстояние и тем самым достичь желаемого результата [13, 14, 15].

Шестеренный насос с регулируемой подачей (рис.8) работает следующим образом: при вращении ведущей шестерни 2 и кинематически связанных с ней ведомых шестерен 3 создается разрежения в камере низкого давления 5. Рабочая жидкость, которая поступила в камеру низкого давления 5, захватывается зубцами шестерен 2 и 3 и в межзубовых впадинах переносится из камеры низкого давления 5 в камеру высокого давления 6, откуда рабочая жидкость подается в магистраль высокого давления. Поворачивая регулирующий вал 4, при помощи эксцентрика, ведомая шестерня 3 выводится из зацепления с ведущей шестерней 2 увеличивая (изменяя) тем самым защемленный объем.

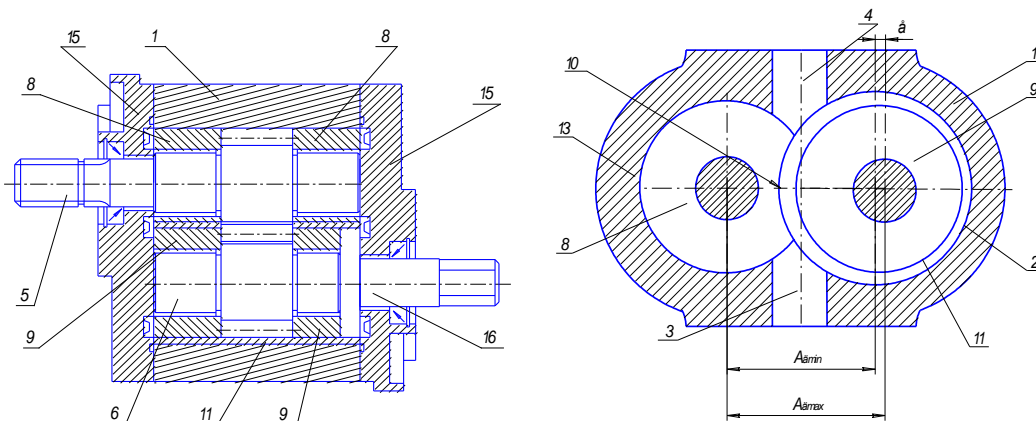
К недостаткам приведенного принципа регулирования следует отнести существенное усложнение конструкции - рост количества шестерен, габаритов и массы насоса, что, естественно, сказывается на сложности его изготовления и надежности.



1 – корпус, 2 – ведущая шестерня, 3 – ведомая шестерня, 4 – механизм регулирования, 5 – камера всасывания, 6 – камера нагнетания.

Рисунок 8 – Регулируемый шестеренный насос с регулируемой подачей, осуществляемой изменением межцентрового расстояния [13, 14, 15]

Нами предлагается шестеренная гидромашина, лишенная указанных недостатков (рис. 9., рис. 10) [16]. Отличительной особенностью предлагаемой конструкции является уплотнительный элемент, в котором располагается ведомая шестерня.



1–корпус; 2–цилиндрическая расточка;
3–камера всасывания; 4–камера нагнетания;
5–шестерня ведущая; 6–шестерня ведомая;
8–подшипник скольжения; 9–подшипник скольжения ведомой шестерни; 10–дугообразная выемка; 11–уплотнительный элемент;
13–цилиндрическая расточка; 15–крышка.

Рисунок 9–Продольный разрез шестеренного насоса с регулируемой подачей, осуществляемой изменением межцентрового расстояния с уплотняющим элементом [16]

1–корпус; 2–цилиндрическая расточка;
3–камера всасывания; 4–камера нагнетания;
5–шестерня ведущая; 6–шестерня ведомая;
8–подшипник скольжения; 9–подшипник скольжения ведомой шестерни; 10–дугообразная выемка; 13–цилиндрическая расточка;

Рисунок 10–Поперечный разрез шестеренного насоса с регулируемой подачей, осуществляемой изменением межцентрового расстояния с уплотняющим элементом [16]

Принцип регулирования подачи предлагаемой конструкции шестеренного насоса состоит в следующем. Шестеренная гидромашина внешнего зацепления с регулируемой подачей состоит из корпуса 1 и находящимися в цилиндрических расточках 2 корпуса 1 с образованием камер высокого и низкого давления ведущей 5 и ведомой 6 шестернями. Цапфы шестерен 5 и 6 установлены в подшипниках скольжения 8, попарно сопряженных между собой по дугообразным выемкам, выполненным на внешней радиальной поверхности. При этом ведомую шестерню 6 с подшипниками скольжения 8 размещают в эксцентричном отверстии уплотнительного элемента 11, который устанавливают в корпусе с возможностью вращения вокруг своей оси.

Предлагаемая конструкция позволяет осуществить регулирование подачи шестеренного насоса при незначительном усложнении конструкции насоса и увеличении массы насоса всего на 10...15%. К недостаткам предлагаемой конструкции следует отнести уменьшение подачи насоса на 35% и недостаточный диапазон регулирования, который составляет в настоящее время 1,5.

Выводы: Анализ существующих конструктивных решений шестеренных насосов с регулируемой подачей показал, что существующие конструкции не в полной мере отвечают предъявляемым к ним требованиям, в частности не могут обеспечить работу в системах высокого давления.

Из всего многообразия известных схем регулирования лучшим считаем способ изменения объема рабочей камеры шестеренного насоса изменением заглубления зуба в межзубовую впадину, что достигается изменением межцентрового расстояния [16].

Список литературы

1. Шестеренчатый регулируемый насос. А.с 275748 СССР F04C1/04 Е.В. Шаров, А.П. Кузнецов, Н.Н Ханин. заявлено 08.09.68; опубликовано 03.07.70. Бюл №22.
2. Выложенная заявка DE 4303494 A1 Германия, F04C15/04 Verfahren zur Volumenstromregelung von Zahnradpumpen und Zahnradpumpenzur Duchfuhrung des Verfahtens: DE № 4303494 A1, F04C15/04 заявлено 06.02.1993р. опубликовано 11.08.1994.
3. Патент 6283735 В1 США, F04C15/02 Variable-delivery external gear pump: патент 6283735 В1 США, F04C15/02 John J. Vrablik. заявлено 13.10.1999; опубликовано 04.09.2001р.
4. Патент 4872536 США, F04C2/18 Hydraulic pumps or motors and hydrostatic transmitting systems: патент 4872536 США, F04C2/18 Zheng Yue. заявлено 23.09.1987; опубликовано 10.10.1989р.
5. Патент 4932504 США, F04C2/18 Hydraulic pumps or motors and hydrostatic transmitting systems: патент 4932504 США, F04C2/18 Yue Zheng. заявлено 27.07.1989; опубликовано 12.06.1990р.
6. Патент 2079375 США, Claims. (Cl. 103-120) Pumps: патент 2079375 США, Cl. 103-120 Andrew O. McCollum. заявлено 09.06.1936; опубликовано 04.05.1937р.
7. Патент 2149326 США, Claims. (Cl. 103-120) Variable capacity gear pumps: патент 2149326 США, Cl. 103-120 George W. Wilkin. заявлено 27.04.1937; опубликовано 07.05.1939р.
8. Выложенная заявка DE 3028573 A1 Германия, F04C2/14 Hydraulisches Verdrangungsaggregat in Form einer Zahnradpumpe oder eines-motors: DE 3028573 A1, F04C15/04 заявлено 28.07.1980р. опубликовано 25.02.1982.
9. Рыбкин Е.А., Усов А.А. Шестеренные насосы для металлорежущих станков. – М.: Машгиз, 1960. – 189 с.
10. Регулируемый шестеренный насос. А.с 724797 СССР F04C1/04 М.П.Большаков. заявлено 05.06.1978р; опубликовано 30.03.1980. Бюл №12.
11. Шестеренный насос регулируемой реверсивной производительности. Патент 2194190 С2 Россия F04C2/08 С.Г. Патрушев, Г.С. Патрушев. заявлено 01.08.2000р; опубликовано 10.12.2002.
12. Регулируемый шестеренчатый насос. А.с 1430597 A1 СССР F04C1/04 В.М.Архипов, Б.В. Костин заявлено 16.01.87; опубликовано 15.10.88. Бюл №38
13. Патент 3175502 США, Claims. (Cl. 103-120) Variable capacity gear pumps: патент 3175502 США, Cl. 103-120 Dennis D. Kempf, Charles A. Ramsel, Gerald D. Rohweder. заявлено 13.08.1963; опубликовано 30.03.1965р.
14. Регулируемая шестеренная гидромашина. А.с 688699 СССР F04C1/04 Ф.А. Киров заявлено 19.03.74; опубликовано 30.09.79. Бюл №36
15. Патент 1282220 Франция, F 05g Carter pour pompes à engrenage, en particulier du type à débit variable: патент 1282220 Франция, F 05g Georg Wiggehmann. заявлено 17.12.1960; опубликовано 11.12.1961.
16. Шестеренна гідромашина зовнішнього зачеплення з регульованою подачею. №200501013 F04C2/08. Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель. Ю.В. Кулешков, Т.В. Руденко, О.В. Бевз, О.О. Матвієнко, А.А. Волк. Заявлено 04.02.05.

В даній статті даний аналіз відомих конструктивних рішень шестеренних насосів з регульованою подачею.

In article gives an analysis of the known design solutions of the gear pumps with the regulated feed.

Получено 20.09.05