

УДК 622.24

Ф.Д. Балденко, доцент, кафедра машин и оборудования нефтяной и газовой промышленности, РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, e-mail: fbaldenko@mail.ru

Перспективы применения циклоидального зацепления в нефтегазовой отрасли

Рассмотрены перспективные области применения циклоидального зацепления в машинах и механизмах буровой и нефтепромысловой техники, а также при проектировании профилей наклонно-направленных скважин. Выявлены особенности профилирования и преимущества циклоидальных зубчатых механизмов с внешним зацеплением колес и планетарного типа.

Ключевые слова: одновинтовая гидромашина, планетарный механизм, передаточное отношение, профиль скважины, рабочие органы, ротор, циклоидальное зацепление.

В последние годы все большее распространение получают технические устройства и объекты, для профилирования которых используются плоские и пространственные кривые циклоидального типа [1]. В теоретическом и практическом плане можно выделить перспективные области применения циклоидальных кривых в нефтегазовой отрасли:

- рабочие органы (РО) роторных гидромашин, компрессоров и ДВС;
- колеса зубчатых передач;
- профили наклонно-направленных скважин (в качестве энергосберегающих профилей с минимальными усилиями при подъеме буровой колонны или сопряженных кривых многоинтервальных профилей без разрыва кривизны траектории) [2, 3].

Основное применение циклоидального профиля относится к одновинтовым гидравлическим машинам с эластичной

обкладкой статора (насосам и гидродвигателям), РО которых является винтовой героторный механизм с **внутренним** пространственным зацеплением (рис. 1).

До последнего времени эпи- и гипоциклоидальные профили с непрерывным замкнутым контуром не использовались в роторных гидромашинах с **внешним** зацеплением РО. Вместе с тем теоретические исследования показывают, что циклоидальное зацепление такого вида представляет определенный практический интерес, в частности для

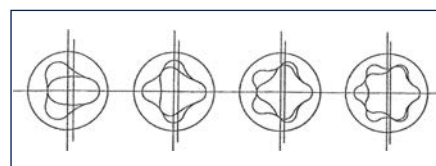


Рис. 1. Профили поперечных сечений механизмов с внутренним внецентроидным циклоидальным зацеплением и различным кинематическим отношением

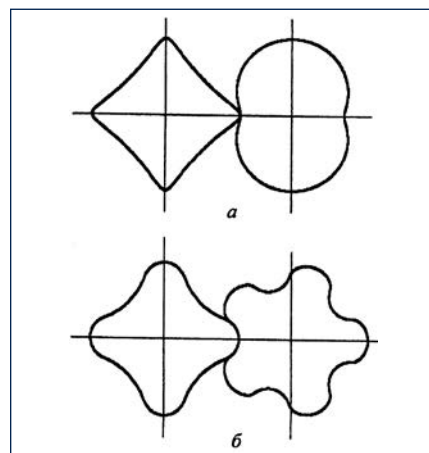


Рис. 2. Профили поперечных сечений роторов с внешним внецентроидным циклоидальным зацеплением: а – скелетные ($i = 4:2$); б – эквидистантные ($i = 4:5$)

двухвинтовых насосов и компрессоров, а также механических передач [4, 5]. В общем случае профили поперечного сечения механизма с внешним циклоидальным зацеплением представляют собой идеально сопряженные между собой по всей длине замкнутого контура гипоциклоиду (индекс «г») и эпициклоиду (индекс «э»), образующиеся как траектории точки, связанной с

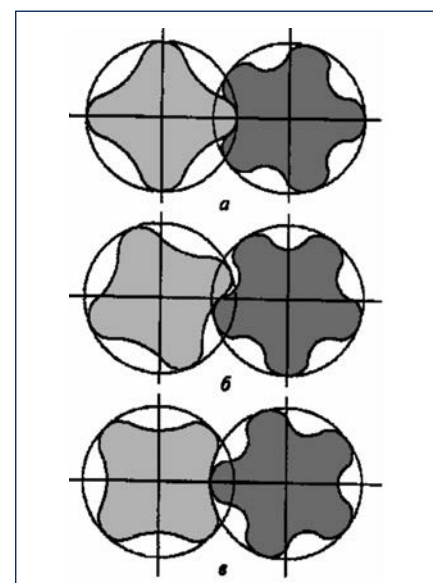


Рис. 3. Фазы поперечных сечений циклоидальных профилей при повороте роторов ($i = 4:5$): а – $\varphi_r = 0$; $\varphi_s = 0$; б – $\varphi_r = -22,5^\circ$; $\varphi_s = 18^\circ$; в – $\varphi_r = -45^\circ$; $\varphi_s = 36^\circ$

производящей окружностью радиуса r , катящейся без скольжения соответственно внутри или снаружи начальной окружности радиуса R . Число зубьев ротора определяется отношением радиусов окружностей R/r (рис. 2).

Циклоидальное зацепление в различных нефтепромысловых механизмах и редукторах (цилиндрические передачи буровых лебедок и насосов, систем верхнего привода буровых установок и штанговых винтовых насосов, станков-качалок; реечные подъемники; планетарные передачи) обеспечивает следующие эксплуатационные преимущества: пониженное число зубьев ведущей шестерни ($z = 1 \div 6$) и, как следствие, минимальные массогабаритные показатели и повышенные передаточные отношения; преимущественное качество профилей в окрестности полюса с незначительным скольжением; рациональные условия сопряжения

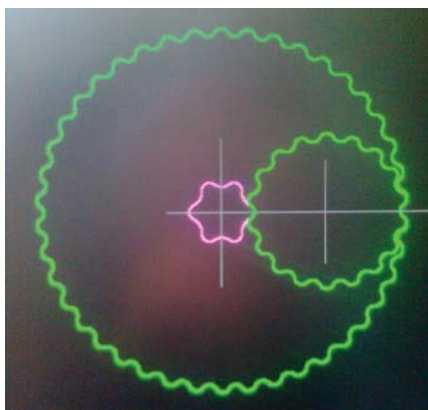


Рис. 4. Циклоидальный планетарный редуктор по схеме 6-18-42 ($i = 8$)

(выпукло-вогнутый контакт во всех фазах зацепления, рис. 3); высокий КПД; пониженная вибрация; улучшенные технологические возможности при изготовлении и упрочнении колес [6, 7, 8]. Расчеты показывают реальную возможность создания циклоидаль-

ного **планетарного** редуктора с передаточным отношением в одной ступени $i = 6 \div 16$ (рис. 4), что значительно превышает возможности аналогичной схемы с традиционным зацеплением (эвольвентным или Новикова). Кроме того, обеспечиваются симметричность сателлитов (числа зубьев колес могут быть выбраны с различной кратностью) и рациональные условия сборки, что в совокупности дает новый импульс к разработке высокоэффективных турбобуров и скважинных насосов.

Пути дальнейшего совершенствования машин с циклоидальным зацеплением РО связаны с конструктивной оптимизацией их нагруженных элементов и узлов, подбором материалов и упрочнением рабочих поверхностей, повышением качества изготовления с использованием компьютеризированных обрабатывающих центров последнего поколения.

Литература:

1. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. Одновинтовые гидравлические машины: В 2 тт. – М.: ИРЦ Газпром, 2005–2006.
2. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Бикчурин Т.Н., Пилыев С.А. Профиль наклонно-направленной скважины. – Патент РФ № 93447. – 08.05.2009.
3. Оганов Г.С., Прохоренко В.В., Ширин-Заде С.А., Сароян А.Е. Энергосберегающий профиль направленной скважины – новое проектное решение НПО «Буровая техника – ВНИИБТ» // Наука и техника в газовой промышленности. – 2010. – № 1.
4. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д. Рабочие органы двухвинтовой машины. – Патент РФ № 62436. – 24.01.2006.
5. Становской В.В. и др. Зацепление колес с криволинейными зубьями (варианты) и планетарная передача на его основе. – Патент РФ № 2338105. – 09.07.2007.
6. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д. К созданию двухвинтовой гидромашин с усовершенствованным профилем роторов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – ВНИИОЭНГ, 2009. – № 6.
7. Каталог оборудования фирмы «ГидраПак». – www.hydrapac.ru.
8. НТЦ «Редуктор». – www.reductorntc.ru.

UDC 622.24

F.D. Baldenko, Assistant Professor, Oil and Gas Industry Machinery and Equipment Department, Gubkin Russian State University of Oil and Gas; e-mail: fbaldenko@mail.ru

Prospects of application of cycloidal gearing in the oil and gas industry

Promising areas of application cycloidal gearing in machinery drilling and oilfield equipment, as well as the design of profiles directional wells. The features and advantages of profiling cycloidal gear mechanisms with external gear wheels and planetary type.

Keywords: single-rotor screw hydraulic machine, planetary gear, the gear ratio, well profile, working bodies, rotor, cycloidal gearing.

References:

1. Baldenko D.F., Baldenko F.D., Gnoevykh A.N. Odnovintovyye gidravlicheskiye mashiny (Single-screw hydraulic machines): In 2 volumes – Moscow: Information and Advertising Center of Gazprom, 2005–2006.
2. Baldenko D.F., Baldenko F.D., Bikchurin T.N., Pilyaev S.A. Profil' naklonno-napravlennoy skvazhiny (Directional well profile). – RF Patent No. 93447. – 08.05.2009.
3. Oganov G.S., Prokhorenko V.V., Shirin-Zade S.A., Saroyan A.Ye. Energoberegayutshiy profil' napravlennoy skvazhiny – novoe proektnoe reshenie NPO «Burovaya tekhnika – VNIIBT» (Directional well energy efficient profile - new design solution of Research, Development and Production Association Drilling Machinery – VNIIBT) // Science and engineering in gas industry. – 2010. – No. 1.
4. Baldenko D.F., Baldenko F.D. Rabochie organy dvukhvintovoy mashiny (Double-screw machine operating parts). – RF Patent No. 62436. – 24.01.2006.
5. Stanovskoy V.V. et al. Zatsoplenie koles s krivolineinymi zub'yami (variant) i planetarnaya peredacha na ego osnove (Wheels engagement with curved teeth (alternatives) and planetary gear on its basis). – RF Patent No. 2338105. – 09.07.2007.
6. Baldenko D.F., Baldenko F.D. K sozdaniyu dvukhvintovoy gidromashiny s usovershenstvovannym profilem rotorov (For engineering of double-screw hydraulic machine with improved rotors profile) // On-shore and offshore oil and gas wells construction. – VNIIOENG, 2009. – No. 6.
7. Catalogue of HydraPac equipment. – www.hydrapac.ru.
8. Research and Development Center Reduktor. – www.reductorntc.ru.