

УДК 622:621.225.5

*д.т.н. Финкельштейн З. Л.,  
к.т.н. Бойко Н. З.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)*

## МАЛОГАБАРИТНЫЙ ВЫСОКОМОМЕНТНЫЙ ГИДРОМОТОР ДЛЯ ГОРНЫХ МАШИН

*Приведены результаты совершенствования высокомоментных гидромоторов, позволяющих увеличить погрузочную способность, долговечность, добиться более высокого КПД при снижении себестоимости изготовления и существенного уменьшения габаритных размеров.*

**Ключевые слова:** *высокомоментный гидромотор, недостатки конструкции, гидродинамическая разгрузка, отказ от опорных подшипников, уменьшение размеров.*

Совершенствование горных машин идет по пути создания более мощных гидромашин, позволяющих передать высокие крутящие моменты при больших передаточных отношениях от приводного двигателя к исполнительному органу. Кроме прочих задач угольной промышленности, стоит задача добычи тонких пластов, поскольку в них выше качество угля и, самое главное, такие пласты, сближенные с основными, разгружают последние и исключают взрыв метана.

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами**

Этой проблеме были посвящены заседания Академии горных наук и УМО СССР по горным машинам.

Еще в 1958 г. был опубликован проект стандарта на типаж горных машин, где для наиболее тонких комбайнов оговаривалась предельная высота комбайнов 250 мм при минимальных тяговых усилиях механизма подачи 150 кН и скорости 15 м/мин. На протяжении многих лет разные организации проектировали и даже изготавливали такие машины, но выполнение всех условий не получалось. Критической при проектировании машин оказалась высота гидромотора, т. к. все остальные узлы (насос, распределители, клапаны и др.) легко вписывались в корпус комбайна.

Наиболее удачными оказались переход на замкнутую систему гидропривода для

следующего по типажному ряду размера и в габаритах 400 мм по высоте (фактический размер 411 мм).

При этом силовые и скоростные размеры стали значительно выше.

Поскольку запросы импортируемых машин потребовали другой схемы гидропривода, да и отечественные комбайны на мощности пластов более 1,5 м нуждались в более современных машинах, в СКБ Горловского машзавода им. Кирова были созданы насосы и гидромоторы, рассчитанные на давление до 20 МПа.

Они стали базовыми для механизмов подачи комбайнов Донбасс 1Г, 2К52, 1К101, МК67 и всех других добычных машин для пологих пластов [2]. Постепенно выработалась схема с гидравлическим насосом типа 1НП120 и высокомоментным многорядным гидромотором ДП510И, который по своим силовым и прочностным параметрам не уступает гидромоторам всех фирм мира, а по размерам является самым малогабаритным. По высоте этот гидромотор равен 178 мм и при креплении не требует дополнительных трубопроводов.

Гидромотор ДП510И (рис. 1) является гидромотором многократного действия. Каждый его поршень совершает девять двойных ходов за каждый оборот ротора. Гидромоторы этого типа имеют большой рабочий объем, создают относительно большой вращающий момент и поэтому называются высокомоментными [6].



лительной втулки, резко сокращая опорную поверхность. Установлено, что неуравновешенная нагрузка может привести к повышенному изнашиванию распределительной пары или даже к задиру и заклиниванию. Распределитель не может быть полностью гидравлически уравновешен, между ним и распределительной втулкой возникают значительные усилия.

Зазор между распределителем и распределительной втулкой выбирается меньшим, чем биение подшипников, на которых вращается ротор. При малом зазоре возможно защемление распределителя вследствие теплового расширения деталей при работе. Усложняется изготовление распределителя при жестком допуске на зазор. Увеличение зазора приведет к прогрессивному росту объемных потерь, обусловленных утечками, т. к. их величина пропорциональна третьей степени размера зазора.

Однако не изменилась себестоимость изготовления гидромотора. В каждом из них при изготовлении игольчатых подшипников необходимо 1100 иголок диаметром 6 мм и длиной 24 мм. Отклонение размеров по диаметру иголок от номинального значения составляет 0,006 мм, в то время как для нормальной работы одного подшипника допустимая разница по диаметру не должна превышать 0,002 мм. Следовательно, приходится каждую иголку замерять в шести точках и раскладывать их на группы.

При «самодельном» изготовлении большого игольчатого подшипника необходимо очень точное выполнение окружностей под качение иголок и биение между ними. Чтобы избежать перекоса, вместо трех-четырех иголок устанавливают (смотри выше) чугунную вставку. Когда в работе в районе этой вставки будут находиться плунжеры под давлением, втулка будет прогибаться и защемлять распределитель.

По статистике изнашивание гидромоторов занимает второе место по аварийности после насосов среди всех узлов гидропривода.

### **Постановка задачи**

Задачей настоящей работы является разработка средств повышения долговечности гидромоторов, снижение их себестоимости и создание предпосылки для создания весьма мощных машин для тонких пологих пластов.

### **Изложение материала и его результаты**

Анализ работы гидромоторов позволил нам [4] предложить в качестве опор роторов непосредственно сами распределители и полностью отказаться от подшипников качения, создав гидростатическую разгрузку. Такая попытка частично реализовывалась в Чехии в шестидесятых годах прошлого столетия при выпуске гидромоторов НМ 2,5, в которых узел распределения состоял из стального распределителя и бронзовой распределительной втулки. Хотя гарантии жидкостного трения не было, это решение позволило значительно упростить конструкцию и снизить необходимую точность изготовления деталей.

Смысл предложенной нами гидростатической разгрузки заключается в подводе рабочей жидкости из линии высокого давления в кольцевой зазор между распределительными поверхностями в те места, где втулка может прогибаться под действием давления со стороны каналов, связанных с поршнями под давлением [5]. Рабочая жидкость подается от распределительных окон к разгрузочным по проточкам, которые вместе с разгрузочными окнами выполнены на внешней поверхности распределительной втулки. Разгрузочные окна и соединительные проточки выполнены фрезерованием таким образом, чтобы они соединялись с предыдущим (или последующим) окном. Уравновешивание будет осуществляться при любых колебаниях нагрузки и при вращении гидромотора в любую сторону, если площади окон распределения и вновь профрезерованных окон на втулках (рис. 2) будут равны.

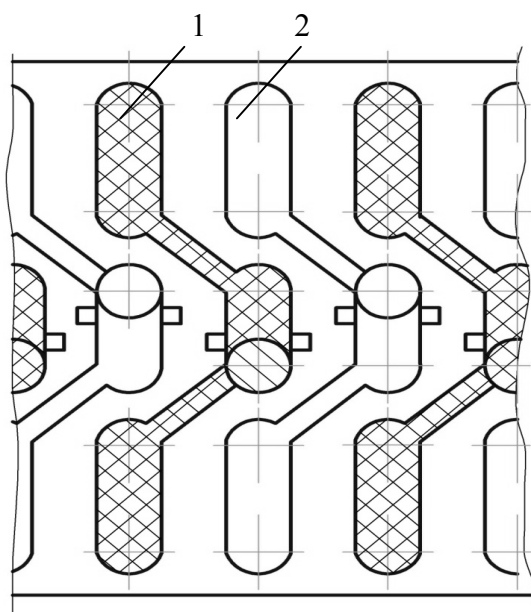


Рисунок 2 Развертка распределительной втулки с окнами (1), соединенными с линией высокого давления, и с окнами (2) – с линией разгрузочного давления

С расчетной точки зрения приходится выводить уравнения Новье-Стокса в форме Громеки-Лемба и на его базе решать уравнение Рейнольдса. Объем этого решения занимает много времени, но задача не решается, поскольку число уравнений меньше числа неизвестных. Приходится одно из неизвестных задавать. Мы приняли температуру рабочей жидкости неизменной, хотя принципиально это не так, но иначе получалось более неразумно.

Важной проблемой, которая возникает при применении гидростатической разгрузки, является увеличение объемных потерь, обусловленных утечками. При этом снижается объемный и, следовательно, общий КПД гидромотора. Нами был проведен расчет утечек жидкости при разных зазорах между распределительными поверхностями. Оказалось, что для сохранения объемного КПД таким же, как в гидромоторе ДП510И при самом неблагоприятном сочетании допусков и режимов обтекания профилей, достаточно обеспечить зазор, равный 0,015 мм, что вполне

выполнимо любым заводом угольного машиностроения.

Применение гидростатической разгрузки позволит решить еще одну проблему высокомоментных моторов — повышение КПД пускового режима. Если обычно он равен 0,83...0,90, а при максимальной скорости — 0,75...0,85, то при гидростатической разгрузке он поднимается не только до номинального значения КПД гидромотора ДП510И, равного 0,95, но и за счет обеспечения постоянной жидкой смазки во всех режимах работы может подняться до 0,98. Такое снижение потерь энергии является важным фактором уменьшения нагрева рабочей жидкости, а следовательно, и существенного повышения эксплуатационных возможностей, долговечности, силовых и энергетических показателей гидравлического оборудования.

#### **Вывод и направление дальнейших исследований**

Таким образом, все технические проблемы, связанные с повышением надежности и долговечности, со значительным снижением стоимости изготовления, упрощением производства, были успешно решены. Подготовленные нами материалы прошли апробацию на заводе-изготовителе и были приняты к реализации.

Создан новый вариант многорядного высокомоментного гидромотора, отличающегося высокой нагрузочной способностью, долговечностью, высокими КПД, более низкой стоимостью. Предлагаемое решение может быть распространено на все типы гидромоторов, в том числе однорядных. Расчеты показывают, что высоту гидромотора типа ДП510 при сохранении силовых нагрузок можно уменьшить с 178 мм до 130 мм, чего вполне достаточно для создания комбайнов для тонких пластов.

При дальнейших исследованиях следует провести работы по отказу от игольчатых подшипников в траверсах, несущих катки, например заменив их на второпластовые пластинки с наполнителями.

**Библиографический список**

1. Пономаренко, Ю. Ф. Высокомоментные радиально-поршневые гидромоторы горных машин [Текст] / Ю. Ф. Пономаренко. — М. : «Недра», 1972. — 379 с.
2. Финкельштейн, З. Л. Радиально-поршневой гидромотор ДП 505 [Текст] / З. Л. Финкельштейн, А. Р. Агранат, В. Я. Головки // Угольное и горнорудное машиностроение. — М. : НИИ-Информ-ТЯЖМАШ, 1968.
3. Докукин, А. В. Радиально-поршневые моторы многократного действия. Конструкция, теория и расчет [Текст] / А. В. Докукин, А. Я. Рогов, Л. С. Фейфец. — М. : Машиностроение, 1980. — 288 с.
4. Пат. № 53036. Украина. Радиально-поршневой гидромотор многократного действия / З. Л. Финкельштейн, А. В. Яценко; заявитель и патентообладатель Дон. гос. техн. ун-т. — Заявл. 01.03.10; опубл. 27.09.10, Бюл. № 18.
5. Яценко, А. В. Высокомоментные гидромоторы с гидростатической разгрузкой [Текст] / А. В. Яценко, А. Ю. Гусев, З. Л. Финкельштейн // Сборник научных работ Донбасского государственного технического университета. — Алчевск : ДонГТУ, 2013. — Вып. 3., Ч. 2. — С. 153–158.
6. Яцких, В. Г. Горные машины и комплексы [Текст] : учебн. для техн. / В. Г. Яцких, Л. А. Спектор, А. Г. Кучерявый. — 5-ое изд. перераб. — Недра, 1984. — 400 с.

© Финкельштейн З. Л.© Бойко Н. З.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. кафедры  
«Гидрогазодинамики» ЛНУ им. В. Даля Сёминим Д. А.*

Статья поступила в редакцию 29.06.17.

**д.т.н. Фінкельштейн З. Л., к.т.н. Бойко М. З. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)**  
**МАЛОГАБАРИТНИЙ ВИСОКОМОМЕНТНИЙ ГІДРОМОТОР**  
**ДЛЯ ГІРНИЧИХ МАШИН**

*Запропоновано багатоходовий високомоментний гідромотор з гідростатичним розвантаженням розподілу і заміною ігольчатих підшипників, що відрізняється врівноваженістю діючих навантажень, відсутністю задирів і значно меншою собівартістю.*

**Ключові слова:** *високомоментний гідромотор, недоліки конструкції, гідростатичне розвантаження, заміна ігольчатих підшипників, зменшення розмірів.*

**Doc.Tech.Sc. Finkelshtein Z. L., PhD Boiko N. Z. (DonSTU, Alchevsk, LPR)**  
**SMALL-SIZED HIGH-COMPRESSIVE HYDROMOTOR FOR MINING MACHINES**

*The results of improved high torque hydraulic motors allowing to increase the loading capacity, durability, to achieve a higher efficiency with cost reduction of production and a significant reducing the overall dimensions are given.*

**Key words:** *high-torque hydraulic motor, structural disadvantages, hydrodynamic unloading, neglecting the supporting bearings, reducing the dimensions.*