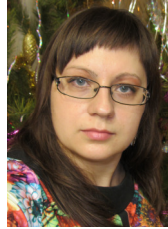


УДК 91.002 (075)

В.Н. Тихенко,
д.т.н., професор,
Одеський
національний
політехнічний
університет
e-mail: vnti@mail.ru



В.М. Жеглова,
магістрант,
Одеський національний
політехнічний
університет e-mail:
victory_nika@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫХ ГИДРОМАШИН

В.М. Тіхенко, В.М. Жеглова. Особливості технології виготовлення розподільників аксіально-поршневих гідромашин. Розглянуто варіанти поліпшення конструкції та особливості технології виготовлення розподільників аксіально-поршневих гідромашин для підвищення довговічності їх роботи.

V.N. Tikhenko, V.M. Zheglova. Features of manufacturing techniques distributors axial-piston hydraulic machines. Options for improving the design and features of the technology of manufacturing distributors axial-piston hydraulic machines to increase the durability of their work are considered.

Введение. Долговечность аксиально-поршневых гидромашин (АПП) зависит не только от конструктивного исполнения, но и от материала деталей, способа обработки их контактирующих поверхностей, состояния поверхностного слоя, геометрической точности, высоты микронеровностей, чистоты применяемых рабочих жидкостей (РЖ), условий эксплуатации и др. Детали пары «распределитель – блок цилиндров» относятся к высокоточным деталям гидравлических приводов [1]. Они изготавливаются из высококачественных материалов с соответствующей технологической точностью, притиркой их сопряженных поверхностей и термообработкой (табл. 1).

Распределители АПП представляют собой сложнопрофильные диски с точным расположением отверстий и окон (пазов). Торцевые распределители (ТР) в качающем узле (КУ) отличаются формой и количеством окон распределения, а также формой поверхности, которая контактирует с блоком цилиндров (БЦ).

По числу окон различают одно- двух- и многооконные распределители (рис. 1.).

Однооконные ТР применяются в регулируемых АПП с наклонным БЦ в схеме «Тримот» для обеспечения всасывания РЖ непосредственно из

полости корпуса. Многооконные распределители применяются для повышения радиальной жесткости окон распределителя, особенно в АПГ больших типоразмеров.

Таблица 1

Материал и технические требования пары «распределитель – блок цилиндров»

Характеристики	Распределитель	Блок цилиндров
1	2	3
Материал	Стали 38ХМЮА с азотированием, 39ХМ1А или ШХ15СГ-В-О-ОГ; бронзы БрО12, БрОСН10-2-3	Стали 9ХС, 12ХНЗА, Х12Ф1; бронзы БрОСН10-2-3, БрО12; биметаллические
1	2	3
Наибольшая технологическая точность	Центральное отверстие – 7 квалитет, эксцентриситет окон по отношению к центральному отверстию 0,05 мм	Не ниже 6 квалитета
Отклонение от формы	Отклонение от симметричности пазов 0,04 мм и радиальное биение 0,08 мм	Неплоскостность торцевой поверхности (дна) не более 0,005 мм
Термообработка	Стальной распределитель: закалка, отпуск, нормализация.	Стальной блок: цементация и закалка до твердости HRC 62-65
Поверхностные покрытия	Стальной распределитель: поверхностное упрочнение, азотирование	Стальной блок: тонкий слой бронзы
Шероховатость поверхностей	R_a (0,16...0,25) мм	R_a (0,125...0,16) мм

В технической литературе распределители получили следующие названия: со сферической торцевой поверхностью; линзовый (в конструкциях «Тримот»); наклонный распределительный диск (с плоской наружной поверхностью). Улучшение эксплуатационных характеристик АПГ дости-

гається як совершенствованим конструкції розподіляючих, так і змінами технологічних операцій.

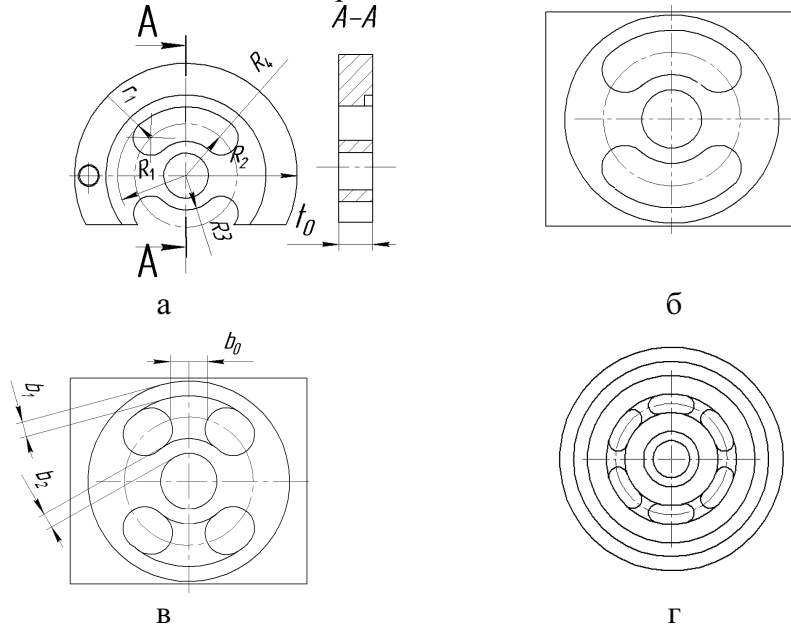


Рисунок 1. Схеми типових конструкцій ТР:

а – однооконних; б – двухоконных; в – двухоконных с перемычками;
г – многооконных

(R_1, R_2 – радіуси: зовнішній розподіляючий і вікна; R_3, R_4 – радіуси: зовнішній ущільнювальний пояс розподіляючого і осі розташування вікна; b_0, b_1, b_2 – товщини: перемички і ущільнювальних поясів; t_0 – товщина розподіляючого)

Експериментально підтверджено, що найбільше впливання на об'ємний КПД насоса оказують з'єднання «розподіляючий – блок циліндрів», «блок циліндрів – поршень», «поршень регулятора – кришка». Установлено, що після електроіскрового упрочнення БЦ АПГ серії 313.3 мікротвердість поверхності збільшується в 1,22 рази порівняно з матеріалом основи, фактор износу упрочненої пари «розподіляючий – блок циліндрів» в 1,14 рази менше [2]. Для гідронасоса серії 310.3.56 фактор износу в 1,07 рази менше при оптимальній навантаженні і в 1,46 рази менше при розрахунковій навантаженні, ніж у новій парі [3].

В якості альтернативи азотированню пропонується використовувати фрикційне упрочнення з отриманням твердих білих шарів на сферичній поверхності розподіляючого. К упрочнюваній поверхності розподіляючого підводяться до прижима два сталевих профільних диска смонти-

рованных на одной оси, диском сообщается средняя окружная скорость 80 м/с. Износ таких распределителей меньше, чем у азотированных, на 25...30% [4].

Применение порошкового антифрикционного материала на основе железа ПА-ЖГр2Д20С10 увеличивает износостойкость рабочих поверхностей БЦ, обеспечивает повышение долговечности в 1,5–2 раза и сохраняет высокий уровень гидромеханического КПД насосов [5].

Применение современных РЖ высоких классов чистоты (масла AVELUS[®], Shell Tellus S4 VX 32, Shell Naturelle Fluid HF-E 46) способных работать при высоких температурах (70...100°С) позволяет увеличить срок эксплуатации гидромашин [6].

Материал и результаты исследований. С повышением давления РЖ слабым звеном регулируемых АПГ оказался линзовый распределитель (ЛР): в ряде гидромашин были диагностированы трещины в перемычке окна высокого давления [7]. С использованием метода конечных элементов проведено исследование напряженно-деформированного состояния ЛР для некоторых вариантов модернизации его конструкции и намечены пути технологической реализации предлагаемых усовершенствований. Разработаны варианты изменения конструкции, позволяющие снизить уровень максимальных эквивалентных напряжений, а именно: а) отодвинуть перемычку в сторону БЦ (рис. 2, а); б) уменьшить сечение наружной стенки.

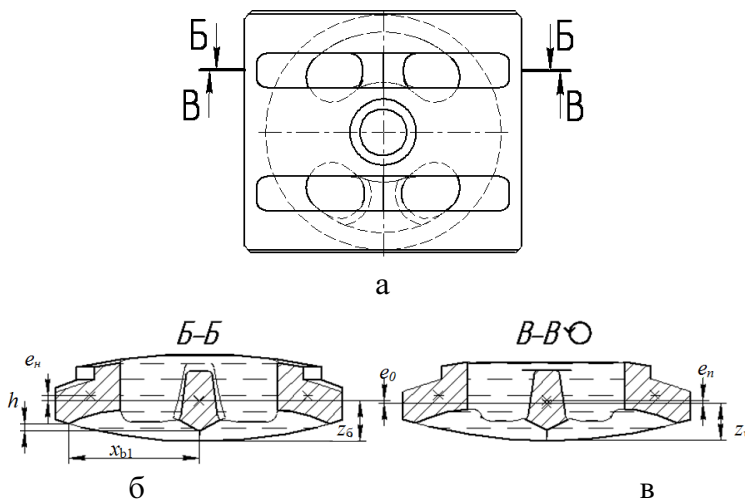


Рисунок 2. Схема линзового распределителя:
а – вид со стороны крышки корпуса (цилиндрическая поверхность)
б, в – сечения

Анализ геометрии ЛР показывает, что в полости нагнетания верхняя и нижняя поверхности, на которые действует давление РЖ, имеют различные площади, причем центры тяжести этих площадей не лежат на одной линии (рис. 2, б, в). На этом рисунке зона действия давления показана условным изображением жидкости, между центрами этих зон имеется несоосность

$$e_0 = z_6 - z_B,$$

где z_B – координата центра тяжести площади (рис.2, а);

z_6 – координата центра тяжести площади (рис. 2, б).

Для уменьшения перемычки ЛР были рассчитаны новые координаты центра инструмента (фрезы), которые обеспечивают формообразование поверхности, обращенной к крышке корпуса, (рис. 3, а).

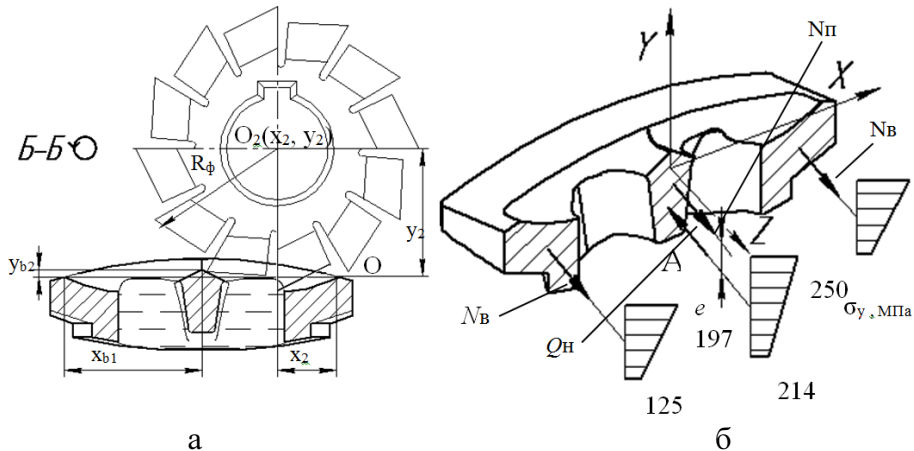


Рисунок 3. Схемы:

а – обработки ЛР; б – действия сил и эпюры напряжений в ЛР

Уравнение окружности, проходящей в плоскости рисунка через фиксированную точку O , имеет вид:

$$x_{b1}^2 + y_{b1}^2 + 2x_2x_{b1} - 2y_2y_{b1} = 0.$$

Определение нового положения координат $O_2(x_2, y_2)$ инструмента осуществляется по формулам:

$$x_2 = \frac{4x_{b1}c + \sqrt{(4x_{b1}c)^2 - 4[(4y_{b2}^2 + 4x_{b1}^2)(c^2 - 4y_{b2}^2R^2)]}}{2(4y_{b2}^2 + 4x_{b1}^2)};$$

$$y_2 = \sqrt{R^2 - x_2^2};$$

где $c = y_{b2}^2 + x_{b1}^2$;

$$y_{b1} = y_1 - \sqrt{y_1^2 - x_{b1}^2 + 2x_{b1}x_1};$$

$$y_{b2} = l - h; l = 2,3 \text{ мм};$$

h – величина, на которую следует уменьшить перемычку.

Уменьшение сечения перемычки не привело к сокращению плеча e_0 , но позволило снизить напряжения в опасных сечениях при действии давления жидкости 40 МПа.

Для определения величины изгибающего момента составим сумму моментов относительно точки А (рис. 3, б), тогда уравнение будет иметь вид:

$$-2N_n e_n + N_n e_n - Q_v e = 0,$$

здесь e_n , e_n – плечи действия сил.

N_n , N_n , Q_v – силы, действующие соответственно на наружную стенку, перемычку (рис. 2, в).

Такая конструкция была промоделирована и решена методом конечных элементов в программном комплексе Autodesk Inventor [8]. Решение задачи велось в квазистатической постановке, жидкость считалась несжимаемой, закон изменения давления на боковой поверхности ЛР принимался как линейный. Результаты расчетов были получены в виде распределения эквивалентных (по Мизесу) напряжений и деформаций при давлении в зоне нагнетания 40 МПа.

Выводы. Результаты вычислений методом конечных элементов выявили опасные зоны, которые оказались локализованными в окрестности окон, т.е на участках с концентрацией напряжений в перемычке и наружной стенке. Внесенные изменения в конструкции привели к тому, что максимальные напряжения в перемычке и боковой стенке стали практически одинаковыми, а неравномерность их распределения невелика.

Конструктивные изменения привели к необходимости корректировки технологических операций. Например, фрезерование паза на поверхности, обращенной к крышке корпуса, дисковой фрезой непроизводительно из-за большого подготовительного времени для выставления фрезы на требуемые координаты центра. Предлагается для формирования каналов использовать концевую фрезу, что позволит уменьшить величину перемычки, сократить время на обработку.

Дальнейшее повышение долговечности может быть обеспечено нанесением покрытий на контактирующие поверхности пары «распределитель-блок цилиндров» по одной из выше указанных методик.

Литература

1. Технологические процессы изготовления высокоточных деталей гидро- и пневмоаппаратуры: Учеб. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Е.В. Грисенко, В.П. Ларшин, А.А. Якимов, Г.В. Новиков. Под общ. ред. проф. А.В. Якимова. – Одесса: ОНПУ, 2006. – 328 с.
2. Сенин А. П. Технология ремонта регулируемых аксиально-поршневых гидромашин восстановлением ресурсолимитирующих соединений: Диссер. канд. техн. наук: 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве. – Саранск., 2012. – 242с.
3. Столяров А.В. Повышение межремонтного ресурса аксиально-поршневого гидронасоса с наклонным блоком восстановлением и упрочнением изношенных поверхностей деталей Диссер. канд. техн. наук: 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве. – Саранск, 2009. – 286с.
4. Довбенко М. Н. Анализ работы и повышение долговечности пары трения блок-распределитель аксиально-поршневых гидромашин / М. Н. Довбенко, А.Н. Евдокимова, В.Д. Евдокимов. // Проблемы техники –№ 3, 2010. – С. 32–39.
5. Дьячкова Л.Н. /Порошковый композиционный антифрикционный материал и технология его нанесения на рабочие поверхности блока аксиально-поршневых гидромашин и гидромоторов серии «А». // Материалы республ. выставки и семинара «Инновации для машиностроения». – Минск, 2013. – С. 28.
6. О выборе рабочей жидкости для объемных гидроприводов мобильных машин / Г.А Аврунин., В.В Вакуленко, Ю.И. Волченко, В.Б.Квитка //Интегрированные технологии в промышленности и энергосбережении. – Харьков, 2’2006. – С. 94–101
7. Жеглова В.М. Аналіз напруженого стану торцевих розподільників аксіально-поршневих гідромашин/ В.М. Жеглова, І.В. Ніколенко. Ю.М. Хомяк //Дев'ятий міжнар. симпозіум українських інж.-механіків у Львові: Праці. – Львів; КІНПАТРІ ЛТД. – 2009. – С. 38-39.
8. Жеглова В.М., Тихенко В.Н., Хомяк Ю.М. Улучшение конструкции и технологии изготовления торцевых распределителей регулируемых аксиально-поршневых гидромашин. // Материалы междунар. научно-техн. конф. «Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении». – Одесса; ОНПУ. – 2009. – С. 48-51

Надійшла до редакції 22.01.2015