

УДК 621.833.1

## НЕКРУГЛЫЕ ЗУБЧАТЫЕ КОЛЁСА ПЛАНЕТАРНОЙ ГИДРОМАШИНЫ РГМ-52: РАСЧЁТ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Адриановская Яна Олеговна

Дудченко Дмитрий Николаевич

Студенты 3 курса, кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: Барбашов Николай Николаевич,

кандидат технических наук, доцент кафедры РК-2

Планетарные роторные гидромашин (РГМ) с некруглыми зубчатыми колёсами относятся к перспективным конструкциям объёмных насосов и гидромоторов нового поколения. Применение волновой планетарной передачи с эллиптическим центральным колесом и волнистым внешним кольцом обеспечивает многоточечный контакт зубьев, равномерную подачу рабочей жидкости, а также снижение вибраций и шума по сравнению с традиционными шестерёнчатыми насосами. Вместе с тем научно-методическое обеспечение расчёта и изготовления подобных машин в отечественной литературе остаётся недостаточно разработанным, что определяет актуальность настоящей работы.

Целью работы является комплексный геометрический и кинематический расчёт планетарной роторной гидромашин РГМ-52, разработка математического описания профилей некруглых зубчатых колёс и обоснование технологии их изготовления на станках с ЧПУ.

В соответствии с целью работы сформулированы следующие задачи исследования.

1. Построить уравнения центроид эллиптического центрального колеса (СКНЗ) и волнистого внешнего кольца (СКВЗ) в полярной и декартовой системах координат.
2. Определить передаточное отношение и максимально допустимое число сателлитов без взаимной интерференции.
3. Проверить условия геометрической совместимости внутреннего и внешнего зацепления.
4. Рассмотреть методы изготовления некруглых зубчатых колёс на многоосевых станках с ЧПУ.
5. Оценить перспективы применения РГМ-52 в гидроприводах строительной, горной и транспортной техники.

В ходе работы разработаны точные аналитические уравнения центроид основных элементов передачи РГМ-52. Центроида эллиптического центрального колеса задана в полярных координатах:  $r_1(\varphi) = 10,25 + 4,75 \cdot \cos(2\varphi)$  мм, диапазон радиусов от 5,50 мм до 15,00 мм. Центроида волнистого внешнего кольца:  $r_2(\varphi) = 37,50 + 8,75 \cdot \cos(5\varphi)$  мм,  $\varphi \in [0; 2\pi]$ , диапазон радиусов от 28,75 мм до 46,25 мм.

Кинематический анализ передачи показал, что номинальное передаточное отношение  $U = 1 + N/n = 1 + 5/2 = 3,5$  обеспечивается разностью числа волн профилей ( $n = 2$  — центральное колесо,  $N = 5$  — внешнее кольцо). Максимально допустимое число сателлитов без взаимной интерференции составляет

$S_{\max} = \pi(N + n)/(N - n) = 7\pi/3 \approx 7,33$ , что позволяет установить 7 сателлитов при полном сохранении работоспособности зацепления. Проверка геометрической совместимости подтвердила выполнение условий как внутреннего ( $a_1 = r_1 + r_3 = 19,50$

мм), так и внешнего зацепления ( $a_2 = r_2 - r_3 = 28,25$  мм); расхождение  $a_1 \neq a_2$  обеспечивает двухточечный контакт и оптимальное распределение нагрузки.

Изготовление некруглых зубчатых колёс выполняется по технологическому маршруту: токарная обработка заготовки на станке с ЧПУ → контурное зубофрезерование по интерполированной траектории (управляющая программа генерируется автоматически из уравнений центроид) → термообработка (цементация и закалка) → финишное зубохонингование. Применение САМ-систем позволяет существенно сократить цикл технологической подготовки производства.

Волновая планетарная передача РГМ-52 обеспечивает: компактность конструкции (диаметр 75 мм, передаточное число 3,5, габариты на 30–40 % меньше классических аналогов); высокую нагрузочную способность за счёт многоточечного контакта (до 7 точек одновременно, нагрузка распределяется на 40 % зубчатых пар); снижение пульсаций давления на 60–80 %; кинематическую точность  $\pm 0,1^\circ$  и отсутствие люфта. Конструкция допускает работу в режимах насоса, гидромотора, редуктора и мультипликатора, что расширяет область применения.

Результаты работы подтверждают целесообразность применения РГМ-52 в гидроприводах экскаваторов, буровых установок, строительных и транспортных машин, а также в робототехнических системах, требующих высокой точности позиционирования. Полученные математические зависимости пригодны для численного моделирования, оптимизации профилей колёс и автоматической генерации управляющих программ для станков с ЧПУ.

## Литература

1. **Ан И-Кан.** Синтез, геометрические и прочностные расчёты планетарных механизмов с некруглыми зубчатыми колёсами роторных гидромашин: дис. ... д-ра техн. наук. – Томск, 2001. – 236 с.
2. **Barbashov N., Timofeev G.** Algorithm for synthesis of plane gears according to the constant curvature criterion // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 525. – doi: 10.1051/e3sconf/202452506004.
3. Геометрический синтез планетарной роторной гидромашины с круглыми и некруглыми центральными колёсами // Вестник ИжГТУ. – 2017. – № 3.
4. Современные технологии изготовления зубчатых колёс с использованием станков с ЧПУ / В.В. Шишков [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2021.