

УДК 621.225.001.4

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОЧЕГО ОБЪЕМА ГИДРОМАШИН С ЦИКЛОИДАЛЬНОЙ ФОРМОЙ ВЫТЕСНИТЕЛЕЙ

Панченко А.И., д.т.н.,

Волошина А.А., к.т.н.,

Кюрчев С.В., к.т.н.,

Засядько А.И., инженер

*Таврический государственный агротехнологический университет*

Тел. (0619) 42-04-42

**Аннотация** - работа посвящена разработке методики определения рабочего объема гидромашин с циклоидальной формой вытеснителей, позволяющей исследовать процесс изменения площадей рабочих камер.

**Ключевые слова** – планетарная гидромашинка, вытеснительный блок, охватывающий вытеснитель (ротор), охватываемый вытеснитель (шестерня), рабочая камера, рабочий объем.

**Постановка проблемы.** Повышение эффективности использования дорожной, строительной и сельскохозяйственной мобильной техники в большей мере определяется гидрофикацией ее активных рабочих органов. Анализ [1,2,3] показывает, что в исполнительных механизмах силовых гидроприводов наиболее часто применяются гидромашинки планетарного типа, преимуществом которых является возможность установки непосредственно в приводной механизм, что особенно важно для мобильной техники. Исследования причин неудовлетворительной работы планетарных гидромашин с циклоидальной формой вытеснителей показывает [1,3,4,5], что вытеснительный блок является одним из узлов, лимитирующим эффективную работу планетарных гидромашин. Сложность профиля охватывающего и охватываемого вытеснителей планетарных гидромашин [1] обуславливает трудность при определении их рабочего объема, так как вытеснители этих гидромашин образованы зубчатой парой с внутренним гипоциклоидальным зацеплением. Очень часто в связи с технологическими трудностями гипоциклоидальные профили

заменяют эквидистантными кривыми, которые в свою очередь аппроксимируют дугами окружностей. На сегодняшний день практически отсутствует методика определения рабочего объема гидромашин планетарного типа. Таким образом, разработка методики, позволяющей определить рабочий объем, количество рабочей жидкости, подаваемое в каждую рабочую камеру, а также исследование процесса изменения площадей рабочих камер в зависимости от варьирования геометрических параметров гидромашин с циклоидальной формой вытеснителей является первоочередной задачей.

*Цель статьи.* Разработка методики определения рабочего объема гидромашин с циклоидальной формой вытеснителей, позволяющей исследовать процесс изменения площадей рабочих камер в зависимости от варьирования геометрических параметров вытеснителей.

*Основная часть.* При проектировании элементов вытеснительного блока планетарной гидромашины исходными параметрами являются: момент сопротивлений  $M_c$ , создаваемый нагрузкой, номинальный перепад давлений  $\Delta p$ , обеспечиваемый насосной станцией, гидромеханический КПД  $\eta_{г.м.}$ , значения радиуса делительной окружности  $R_2$  и радиуса зуба  $r_2$  охватывающего вытеснителя (ротора), радиус зуба  $r_1$  охватываемого вытеснителя (шестерни), а также количество зубьев шестерни  $z_1$  и ротора  $z_2$ .

Рабочий объем гидромотора  $V_{г.м.0}$  определяется из выражения:

$$V_{г.м.0} = \frac{2\pi \times M_c}{\Delta p \times \eta_{г.м.}} \quad (1)$$

Величину межцентрового расстояния  $R_1$  охватываемого вытеснителя (шестерни), а также межцентрового расстояния  $e$  между вытеснителями определяют методом последовательных приближений [6].

Ширина вытеснителей  $b$  определяется из выражения:

$$b = \frac{V_{г.м.0}}{A}, \quad (2)$$

где  $A$  - площадь рабочих камер, образованных вытеснителями.

Для определения площади рабочих камер рассмотрим работу зацепления (рис. 1, а), где подвижными являются одновременно оба вытеснителя. Условимся, что  $O_1$  - центр охватываемого вытеснителя (шестерни),  $O_2$  - центр охватывающего вытеснителя (ротора). Площадь рабочих камер  $A$  изменяется в зависимости от углов поворотов  $\varphi$ ,  $\psi$ , определяющих положения мгновенных центров вращения шестерни и ротора, соответственно (рис. 1, б).

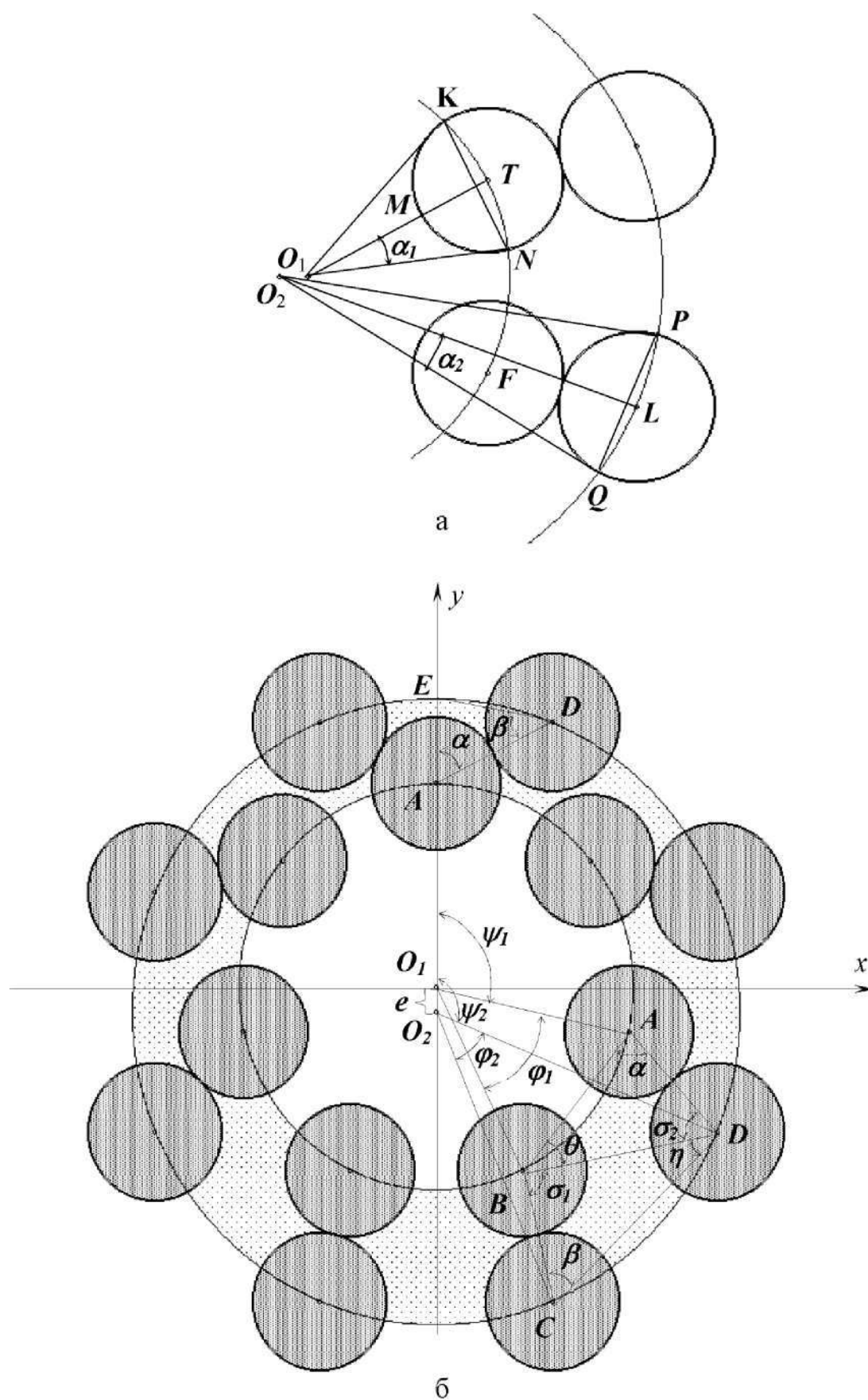


Рис. 1. Расчетная схема для определения площадей рабочих камер

Площади рабочих камер (рис. 1, а) определяются из выражения:

$$A = (\pi \times R_2^2 - \pi \times R_1^2) - A_1 - A_2, \quad (3)$$

где  $A_1$  – площадь фигуры  $KTN$ ,

$$A_1 = z_1 \times (A_{11} - A_{12} - A_{13});$$

где  $A_{11}$  – площадь круга ( $T, r_1$ ),

$$A_{11} = \pi \times r_1^2;$$

$A_{12}$  – площадь сектора  $KTN$ ,

$$A_{12} = \frac{R_1^2}{2} (2 \times \alpha_1 - \sin 2\alpha_1);$$

$A_{13}$  – площадь сегмента  $KTNM$ ,

$$A_{13} = \frac{r_1^2}{2} (2 \times \gamma_1 - \sin 2\gamma_1);$$

$$\alpha_1 = \arctg \frac{r_1}{R_2};$$

$$\gamma_1 = \frac{\pi}{2} - \alpha_1;$$

$A_2$  – площадь фигуры  $PFQL$ ,

$$A_2 = z_2 \times (A_{21} - A_{22} - A_{23}),$$

где  $A_{21}$  – площадь круга ( $L, r_2$ ),

$$A_{21} = \pi \times r_2^2;$$

$A_{22}$  – площадь сегмента  $PLFQ$ ,

$$A_{22} = \frac{R_2^2}{2} (2 \times \alpha_2 - \sin 2\alpha_2);$$

$A_{23}$  – площадь сектора  $PLQ$ ,

$$A_{23} = \frac{r_2^2}{2} (2 \times \gamma_2 - \sin 2\gamma_2);$$

$$\alpha_2 = \arctg \frac{r_2}{R_2};$$

$$\gamma_2 = \frac{\pi}{2} - \alpha_2.$$

Кроме того, изменение объема рабочих камер необходимо рассматривать в зависимости от углов поворотов  $\varphi$ ,  $\psi$  (рис. 1, б). Поэтому расчеты по формулам, приведенным выше, были проверены и подтверждены математическими зависимостями, позволяющими нам более детально исследовать процесс изменения объема.

Рассчитать площадь проходного сечения вытеснителя в каждой рабочей камере (рис. 1, б) и пронаблюдать изменение этих площадей при вращении шестерни возможно, получив следующие зависимости.

Разбив четырехугольник  $ABCD$  на два треугольника  $ABD$  и  $DBC$ , сумма которых, за исключением площади соответствующих дуг, определяем искомую площадь  $A$ :

$$A = A_{\overline{ABCD}} - A_{\Delta ABD} + A_{\Delta DBC} - A_{\text{сегм.}AO_1B} + A_{\text{сегм.}DO_2C} - A_A - A_B - A_C - A_D, \quad (4)$$

Постоянная площадь сегментов  $AO_1B$  и  $DO_2C$  определяется из выражений:

$$\begin{aligned} A_{\text{сегм.}\overline{AO_1B}} - A_{\text{сект.}O_1AB} - A_{\Delta O_1AB} &= \frac{R_1}{2}(\varphi_1 - \sin\varphi_1); \\ A_{\text{сегм.}\overline{DO_2C}} - A_{\text{сект.}O_2DC} - A_{\Delta O_1DC} &= \frac{R_2}{2}(\varphi_2 - \sin\varphi_2); \\ O_1A = O_1B = R_1, \quad O_2D = O_2C = R_2. \end{aligned}$$

Зная координаты центров дуг зубьев  $(x_D, y_D)$ ,  $(x_B, y_B)$ ,  $(x_A, y_A)$ , найдем площади треугольников  $ABD$  и  $DBC$ :

$$A_{\Delta ABD} = \sqrt{p_1 \times (p_1 - AD) \times (p_1 - DB) \times (p_1 - AB)},$$

$$\text{где } p_1 = \frac{(AD + DB + AB)}{2},$$

$$AD = \sqrt{(x_A - x_D)^2 + (y_A - y_D)^2},$$

$$DB = \sqrt{(x_D - x_B)^2 + (y_D - y_B)^2},$$

$$AB = 2 \times R_1 \times \sin \frac{\varphi_1}{2}.$$

$$A_{\Delta BCD} = \sqrt{p_2(p_2 - DC) \times (p_2 - BC) \times (p_2 - DB)},$$

$$\text{где } p_2 = \frac{(DC+BC+DB)}{2},$$

$$BC = \sqrt{(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2},$$

$$DC = 2 \times R_2 \times \sin \frac{\varphi_2}{2}.$$

Площади секторов  $A, B, C, D$  определяются из выражения:

$$A = \frac{1}{2} r^2 \times \gamma,$$

где  $\gamma$  – угол, определяющий сектор,  
 $r$  – радиус соответствующей окружности.

$$A_{\text{сек.}A} = \frac{r_1^2}{2} \times \alpha,$$

$$\text{где } \alpha = \arcsin \frac{2A_{\Delta ABD}}{AD \times DC},$$

$$A_{\text{сек.}B} = \frac{r_1^2}{2} \times (\theta + \sigma_1),$$

$$\text{где } \theta = \arcsin \frac{2A_{\Delta ABD}}{AB \times DB}; \sigma_1 = \arcsin \frac{2A_{\Delta DBC}}{DB \times BC};$$

$$A_{\text{сек.}C} = \frac{r_2^2}{2} \times \beta,$$

$$\text{где } \beta = \arcsin \frac{2A_{\Delta DBC}}{DC \times BC};$$

$$A_{\text{сек.}D} = \frac{r_2^2}{2} \times (\eta + \sigma_2),$$

$$\text{где } \eta = \pi - \beta - \sigma_1; \sigma_2 = \eta - \alpha - \theta.$$

Зная площадь  $i$ -ой камеры, определяем площадь каждой камеры, учитывая изменение текущего угла поворота центра шестерни  $O_i$  относительно оси ротора  $\psi_i$  по формуле:  $\psi_i = \psi_0 + \frac{\pi}{n}$  ( $n=1-20$ ), углу поворота шестерни  $\delta_i$  по формуле  $\delta_i = 2z_2$ , получим значение суммарной площади камер.

Изменяя геометрические параметры: радиусы делительных окружностей шестерни  $R_1$  и ротора  $R_2$ , радиусы зубьев шестерни

$r_1$  и ротора  $r_2$ , а так же количество зубьев шестерни  $z_1$  и ротора  $z_2$ , получим значения площадей рабочих камер, и соответственно, определим количество рабочей жидкости, проходящей через вытеснительный блок. Варьирование входных данных позволяет выбирать оптимальное сочетание геометрических параметров для получения наибольшего расхода.

Разработанная методика определения рабочего объема гидромашин с циклоидальной формой вытеснителей позволяет определить геометрические параметры сопрягаемых вытеснителей, их взаимосвязь с рабочим объемом, а также исследовать процесс изменения площадей рабочих камер в зависимости от варьирования геометрических параметров охватывающего и охватываемого вытеснителей.

*Выводы.* Разработанный математический аппарат и методика определения рабочего объема гидромашин с циклоидальной формой вытеснителей позволяют определить геометрические параметры сопрягаемых вытеснителей и исследовать процесс изменения площадей рабочих камер в зависимости от выбранных параметров, а также определить количество рабочей жидкости, подаваемое в каждую рабочую камеру.

#### Литература

1. Бирюков Б.Н. Роторно-поршневые гидравлические машины / Б.Н. Бирюков. – М.: Машиностроение, 1977. – 152с.: ил.
2. Кулагин А.В. Основы теории и конструирования объемных гидропередач / А.В. Кулагин, Ю.С. Демидов, В.Н. Прокофьев, Л.А. Кондаков. – М.: «Высшая школа», 1967. – 400с.
3. Ерасов Ф.Н. Новые планетарные машины гидравлического привода / Ф.Н. Ерасов. – Киев.: УкрНИИТИ, 1969. – 55с.: ил.
4. Ерасов Ф.Н. К кинематическому анализу планетарно-роторных объемных машин / Ф.Н. Ерасов, Ф.Н. Иванченко // Вестник машиностроения. – 1975. – №9. – С.11-15.
5. Кюрчев С.В. Исследование процесса перемещения вытеснителей планетарных гидромашин / С.В. Кюрчев // Тракторная энергетика в растениеводстве. Сборник научных трудов ХГТУСХ. – Харьков. – 2002. – Вып.5. – С. 235-240.
6. Панченко А.И. Обоснование высоконадежной конструкции силового соединения планетарного гидромотора / А.И. Панченко, С.В. Кюрчев, П.В. Обернихин, Д.С. Титов // Праці ТДАТА. – Мелітополь. – 2006. – Вип. 37. – с.83-97.

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РОБОЧОГО ОБ'ЄМУ  
ГІДРОМАШИН З ЦИКЛОЇДАЛЬНОЮ ФОРМОЮ  
ВИТИСКУВАЧІВ**

Панченко А.І., Волошина А.А., Кюрчев С.В., Засядько А.І.

*Анотація* - робота присвячена розробці методики визначення робочого об'єму гідромашин з циклоїдальною формою витискувачів, що дозволяє досліджувати процес змінювання площі робочих камер.

**THE METHOD OF VOLUMETRIC CAPACITY OF FLUID  
MACHINES WITH DISPLACER'S CYCLOIDAL FORM  
DEFINITION**

A. Panchenko, A. Voloshina, S. K'urchev, A. Zas'adko

*Summary*

The work is devoted to development of the method of fluid machines volumetric capacity with displacer's cycloidal form definition. This approach is given an opportunity to research of the working chambers area change process.