

## ЗАВИСИМОСТЬ ОБЪЕМНОГО КПД ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА ОТ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ, ОБРАЗУЮЩИХ РАБОЧУЮ КАМЕРУ

Е. М. Голубчикова

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Г. С. Кульгейко

*Представлен анализ объемных потерь жидкости в шестеренном насосе как основной фактор, определяющий КПД объемной гидромашины. Рассмотрены особенности составляющих общих утечек в зависимости от геометрической точности сопряженных поверхностей деталей рабочей камеры насоса.*

**Ключевые слова:** шестеренный насос, КПД, утечки жидкости, рабочий зазор, геометрическая точность сопряжений

Широкое применение шестеренных насосов в гидромеханических системах машин объясняется простотой и компактностью конструкции, надежностью, малой трудоемкостью изготовления, удобством обслуживания, а также, в отличие от других типов объемных насосов, возможностью непосредственного их соединения с приводными механизмами. Шестеренные насосы широко применяются в технологическом оборудовании, в системах смазки, в авиации, в качестве основного узла системы топливопитания. Эффективность работы шестеренных насосов зависит от многих факторов, в том числе от КПД насоса.

Составной частью КПД насоса является объемный коэффициент полезного действия:

$$\eta_o = \frac{Q_d}{Q_T} = 1 - \frac{Q_{ут} + Q_{вс}}{Q_T}, \quad (1)$$

где  $Q_T$  – теоретическая производительность насоса;  $Q_d$  – действительная производительность насоса;  $Q_{вс}$  – потери на всасывание;  $Q_{ут}$  – расход жидкости на утечки,

В правильно сконструированном насосе при отсутствии кавитации объемные потери определяются исключительно величиной зазоров между сопряженными поверхностями рабочих органов и уплотняющих деталей. Утечки жидкости из камеры нагнетания в камеру всасывания могут иметь место по трем основным каналам:

– через радиальный зазор между цилиндрическими поверхностями шестерен и расточек в корпусе;

– через зону зацепления вследствие погрешностей контакта зубьев;

– через зазор между торцовыми поверхностями шестерен и уплотняющих деталей.

Таким образом, объемные потери насоса:

$$Q_{ут} = Q_{y(p)} + Q_{y(z)} Q_{y(t)}, \quad (2)$$

где  $Q_{y(p)}$  – утечки через радиальные зазоры;  $Q_{y(z)}$  – утечки через зазоры в зоне зацепления;  $Q_{y(t)}$  – утечки через торцовые зазоры.

Утечки через радиальные зазоры  $\delta_p = \frac{1}{2}(D_{\text{раст}} - D_e)$ :

$$Q_{y(p)} = \left( p_{\text{нр}} \frac{\delta_p^3}{12\mu l} - \omega \frac{\delta_p D_e}{4} \right) b, \quad (3)$$

где  $p_{\text{нр}}$  – давление нагнетания;  $\mu$  – абсолютная вязкость жидкости;  $l$  – длина дуги, образующей радиальную щель;  $\omega$  – угловая скорость;  $D_e$  – диаметр окружности выступов зубьев;  $b$  – ширина зубьев (рис. 1).

Из формулы (3) следует, что с увеличением скорости вращения  $\omega$  величина радиальных утечек сокращается, а увеличение погрешностей изготовления основных деталей насоса (корпуса, роторов и валов) приводит к повышению радиальных утечек.

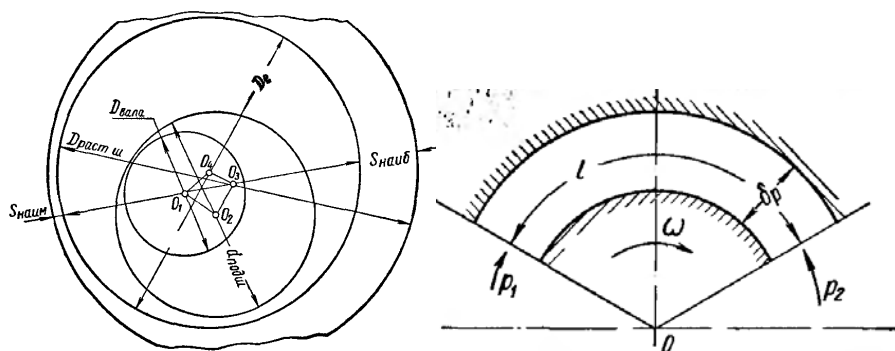


Рис. 1. Относительное положение центров:

$O_1$  – центр шестерни;  $O_2$  – центр отверстия под подшипник в корпусе;  
 $O_3$  – центр расточки в корпусе;  $O_4$  – центр вала;  $D_{\text{вала}}$  – диаметр вала;  
 $D_{\text{раст}}$  – диаметр расточки;  $D_e$  – диаметр окружности выступов зубьев;  
 $d_{\text{подш}}$  – диаметр подшипника;  $S_{\text{наиб}}$  и  $S_{\text{наим}}$  – наибольший  
и наименьший радиальный зазор

В результате износа шестерен, дефектов поверхностей зубьев и погрешностей изготовления плотное прилегание профилей происходит не по всей ширине, а по линии «смятия» длиной  $l$  (рис. 2). В этом случае имеют место утечки из камеры нагнетания в камеру всасывания через зазор  $\delta_3$ .

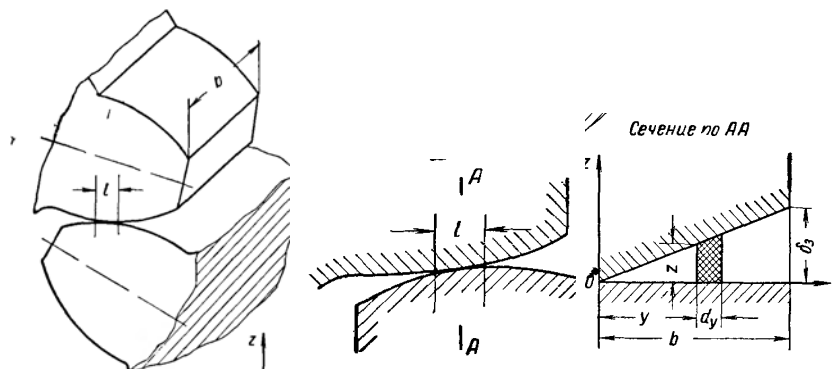


Рис. 2. Схема к расчету утечек через зазоры в зацеплении зубьев

Утечки жидкости через зазоры в зоне зацепления вследствие погрешностей контакта зубьев можно определить по формуле

$$Q_{y(3)} = p_{\text{нр}} \frac{\delta_3^3 b}{48\mu l} \quad (4)$$

Объемный КПД шестеренного насоса в значительной степени зависит от утечек через торцовые зазоры, обеспечение которых в пределах 0,01–0,02 мм весьма затруднительно. В насосах с гидравлическим поджимом опорных втулок к торцам шестерен задача достижения малых торцовых зазоров несколько облегчается, но не снимается. На рис. 3 представлена конструктивная схема шестеренного насоса с нанесенной размерной цепью для расчета торцового зазора. Плавающие втулки (левые) поджимаются к торцам шестерен давлением масла, подводимого из камеры нагнетания.

В размерной цепи для расчета торцового зазора (рис. 3) участвуют следующие звенья:  $C_1$  – несовпадение торцов колодцев (глухих расточек) в корпусе насоса;  $C_2$  – разность по высоте правых втулок;  $C_3$  – отклонение от перпендикулярности торца втулки к оси посадочной поверхности по наружному диаметру;  $C_4$  – биение правого торца шестерни;  $C_5$  – разность по высоте шестерен (ведущей и ведомой);  $C_6$  – биение левого торца шестерни. Звенья  $C_4$  и  $C_6$  (торцовое биение) относятся к оси посадочных поверхностей.

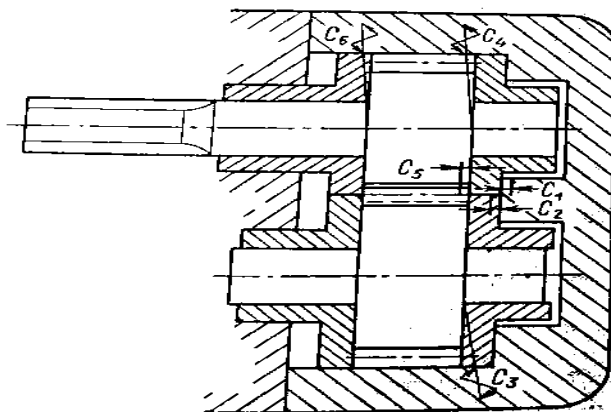


Рис. 3. Схема размерной цепи шестеренного насоса

В результате расчета размерной цепи определяется верхнее и нижнее отклонение  $\delta_T$ . Максимальная величина зазора находится в месте зацепления зубьев шестерен. Аналогичный зазор образуется и на левых торцах шестерен, несмотря на гидравлический поджим левых втулок.

Утечки через торцовые зазоры  $\delta_T$ :

$$Q_{y(T)} = p_{\text{нр}} \frac{\delta_T^3 (\beta_{\text{нр}} - \beta_{\text{вс}})}{12\mu \ln \frac{R_e}{r}} \quad (5)$$

где  $\beta_{\text{нр}}$  и  $\beta_{\text{вс}}$  – угол камеры нагнетания и всасывания;  $r$  – радиус внутренней границы торцового зазора.

Таким образом, анализ формул (3)–(5) для определения объемных потерь (утечек) жидкости в шестеренных насосах свидетельствует о чрезвычайно большом значении геометрической точности сопряженных поверхностей деталей, образующих рабочую камеру. А так как при прочих равных условиях максимальная доля утечек происходит через торцовые зазоры, наиболее высокие требования предъявляются к точности линейных размеров роторов, втулок и колодцев корпусов, а также к точности формы (плоскостности) и расположения (перпендикулярности к осям) торцовых поверхностей этих деталей.

#### Литература

1. К расчету характеристик шестеренного насоса на основе двухмерного и трехмерного моделирования / Д. П. Алексеев [и др.] // Машиностроение и инженерное образование. – 2013. – № 4. – С. 39–44.
2. Рыбкин, Е. А. Шестеренные насосы для металлорежущих станков / Е. А. Рыбкин, А. А. Усов. – М. : Машгиз, 1960. – 187 с.
3. Юдин, Е. М. Шестеренные насосы. Основные параметры и их расчет / Е. М. Юдин. – М. : Машиностроение, 1964. – 236 с.

### АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ НАПИСАНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ С ПОМОЩЬЮ САМ MILL-ПРИЛОЖЕНИЯ К КОМПАС-3DV19

С. А. Пинчук

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Н. А. Старовойтов

*Изложен большой набор многопроходных, сверлильных и резьбонарезных стратегий следующих видов обработки: многопроходная – наружное фрезерование, растачивание; контур – контурное фрезерование (как правило, черновое и чистовое); сверление – одно- и многопроходное сверление, центрование, обработка отверстий осевым инструментом; нарезание резьбы резцом – многопроходное нарезание резьбы резцом (цилиндрических, конических, торцевых поверхностей).*

**Ключевые слова:** САМ-системы, стратегии обработки, наружное фрезерование, растачивание, контурное фрезерование, сверление, центрование, нарезание резьбы, генерирование управляющих программ.

Сегодня львиная доля всех управляющих программ написана с использованием САМ-систем. Это очень удобно для современных станков. Использование САМ-систем позволяет в разы уменьшить время написания управляющих программ как для сложных деталей, так и для относительно простых. Помимо скорости написания увеличивается и точность обработки. Внедрение САМ-систем позволило также применить современные способы обработки, такие, как высокоскоростное фрезерование и т. д.

Управляющая программа – набор данных в заданном формате (на языке конкретного УЧПУ) для управления перемещением рабочих органов станка, а также другими установленными на нем устройствами.

Траектория – кривая движения кромки центра инструмента, которую инженер-программист рассчитывает в САМ-системе. Траектория состоит из линейных участ-