

УДК 62–531.1

Роганов Л. Л.  
Роганов М. Л.  
Рудченко А. С.

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАЗОРОВ В ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Точность, надёжность, долговечность машин и оборудования, качество их работы и производимых изделий зависит в основном от величины зазоров в подвижных соединениях, которая обеспечивается в процессе их изготовления. Точность изготовления изделий машиностроения зависит от степени точности станков, их изношенности и квалификации рабочего персонала. В процессе эксплуатации машин и оборудования зазоры в их подвижных соединениях только увеличиваются за счёт износа трущихся поверхностей. Таким образом, снижается качество работы, точность машин и оборудования, увеличиваются затраты на ремонт оборудования.

Существует несколько способов для регулирования зазоров в подвижных соединениях, которые используются в конструкциях щелевых втулок-уплотнений [1], повышая работоспособность и надёжность узлов гидропневмоцилиндров и всего оборудования в целом. Регулирование зазора происходит механически и с помощью гидравлики. Применение регулирования зазоров в щелевых втулках-уплотнениях используется также для цилиндрических направляющих различных машин, для создания удерживающих устройств, например, в кузнечно-прессовых машинах. Однако возможности способа регулирования зазоров можно расширять.

Например, для повышения эффективности и качества работы паровоздушных молотов путём снижения утечек энергоносителя. На поршне молота устанавливаются чугунные поршневые кольца, через которые происходит утечка сжатого воздуха между поршневой и штоковой полостями цилиндра. Если внутреннюю гильзу цилиндра и расточку цилиндра выполнить взаимноконическими с углом конусности меньше угла самоторможения примерно  $6^\circ$ , то уклон получится  $1/10$ . Обеспечив осевой сдвиг гильзы относительно цилиндра на величину, например 50 мм, получим радиальную деформацию гильзы до 5 мм, что обеспечит минимальный зазор между поршнем и гильзой и снижение утечек сжатого воздуха.[2]

Технические решения по использованию взаимноклиновых деталей для регулировки смещения деталей относительно базовых поверхностей известны в машиностроении. Так в металлургии применяется устройство клинового типа для регулирования межвалкового зазора в конструкциях прокатных станов, а в частности клетки кварто. Это устройство позволяет контролировать поперечный профиль изготавливаемой полосы, т. е. уменьшить поперечную разнотолщинность и разгрузить подшипники опор валков так, чтобы усилие, которое нагрело их, действует на участок контакта рабочего и опорного валков [3].

Потому поиск и исследование в области механизмов, регулирующих зазоры в соединениях деталей в машинах является актуальной задачей.

Целью данной статьи является применение механического способа регулирования зазоров, полученных в цилиндрических трущихся парах при их изготовлении, в сопряжённых деталях кузнечно-прессовых и других машин.

Решение данной проблемы, возможно, достигнуто применением разработанной схемы регулировки зазоров в подвижных соединениях (рис. 1).

Разработанная схема представляет собой две сопряжённые по конусу детали – внутренняя 1 и наружная 2 втулки. Регулирование зазора происходит за счёт радиальной деформации внутренней втулки 1, т.е. изменения (уменьшения) её внутреннего диаметра. Деформирование втулки осуществляется за счёт линейного перемещения внутренней втулки 1 относительно наружной 2. Допускаем, что наружная втулка 2 абсолютно жёсткая, т. е. не деформируется,

длина внутренней втулки 1 не изменяется, поскольку и деформация наружной втулки 2, и изменение длины внутренней втулки 1 очень малы, тогда зависимость радиальной деформации от линейного перемещения можно представить в виде формулы (1):

$$\Delta = l \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

где  $\Delta$  – величина радиальной деформации;  $l$  – линейное перемещение одной втулки, относительно другой;  $\alpha$  – угол конусности.

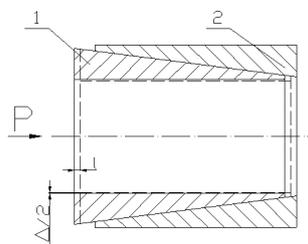


Рис. 1. Схема регулировки зазоров в подвижных соединениях

Таким образом, исходя из этой зависимости, можно рассчитать угол конусности, который необходимо принять, для получения определённой величины деформации. Это очень удобно, поскольку из опыта эксплуатации того или иного оборудования практически всегда известна величина износа, которая возникает при определённых условиях. Также можно отметить, что разработанная схема позволяет, регулируя зазор, не только компенсировать износ, но и осуществлять наладку оборудования.

Для практического подтверждения теоретических наработок была разработана и создана экспериментальная установка регулирования зазоров (рис. 2).

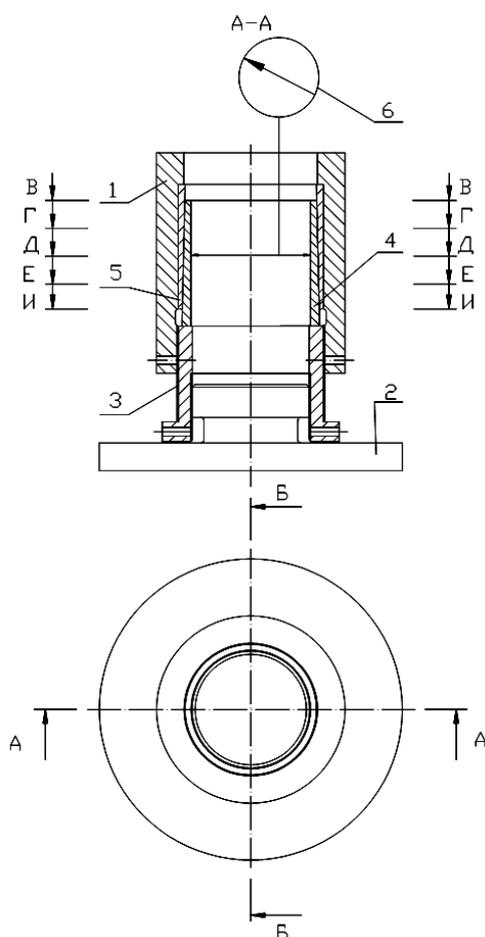


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Экспериментальная установка состоит из корпуса 1, опоры 2, гайки 3, внутренней 4 и внешней 5 втулок. Она разработана таким образом, чтобы эксперимент можно проводить без помощи какого – либо оборудования, т. е. при помощи инструментов. Как видно из рис. 2, это возможно за счёт резьбового соединения корпуса 1 и гайки 3, шаг резьбы которого равняется 1,5 мм. Угол конусности сопряжения втулок самотормозящийся –  $\alpha = 1^{\circ}15'$ .

Эксперимент осуществлялся следующим образом: корпус 1 накручивается на гайку 3, которая упирается во внутреннюю втулку 4, и тем самым перемещается в осевом направлении вместе с наружной втулкой 5. За счёт этого перемещения втулка 4 сжимается и её внутренний диаметр уменьшается. Измерения осуществлялись с помощью нутромера 6 типа НИ-100. Замеры изменения диаметра делались в двух взаимно перпендикулярных вертикальных плоскостях и пяти горизонтальных плоскостях, которые располагаются по высоте втулки на расстоянии 20 мм друг от друга, начиная от верхнего торца внутренней втулки (рис. 2). С помощью нутромера 6 замерялись отклонения от номинального размера  $d = 85$  мм, до деформирования и после. Затем находили разность значений и определяли тем самым величину деформации  $\Delta$ . Заданный шаг соединения корпуса и гайки позволяет задавать величину перемещения внутренней втулки относительно наружной. Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты экспериментов

	$\Delta_d$					$\Delta_{d1}$					$\Delta_{d2}$					$\Delta_{d3}$				
	В-В	Г-Г	Д-Д	Е-Е	И-И	В-В	Г-Г	Д-Д	Е-Е	И-И	В-В	Г-Г	Д-Д	Е-Е	И-И	В-В	Г-Г	Д-Д	Е-Е	И-И
А-А	20	90	60	60	60	30	0	20	30	20	40	20	40	50	40	90	50	60	60	40
Б-Б	10	30	30	50	30	20	20	10	20	10	40	30	40	30	0	30	30	40	40	10
Среднее	15	60	45	55	45	25	10	15	25	15	40	25	40	40	20	60	40	50	50	25

В табл. 1 указаны результаты двух экспериментов. В первом эксперименте измерялась деформация втулки  $\Delta_d$  при максимально достигнутом перемещении  $l = 2$  мм, а во втором ещё были и промежуточные значения  $\Delta_{d1}$ ,  $\Delta_{d2}$ , которым соответствуют значения перемещения  $l = 1$  мм,  $l = 1,5$  мм и максимальное  $\Delta_{d3}$  при  $l = 2$  мм.

На рис. 3 представлены графики зависимостей деформации диаметра от величины перемещения по длине втулки.

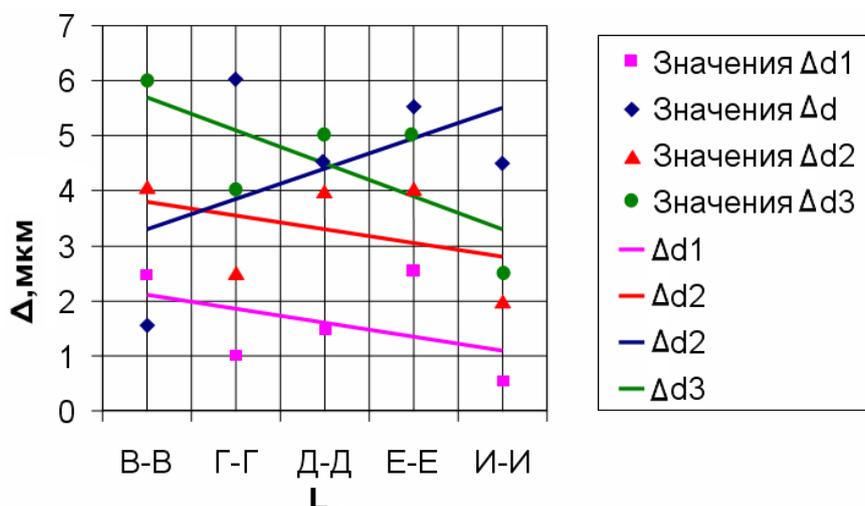


Рис. 3. Результаты экспериментов

Из графиков следует, что при увеличении величины перемещения величина деформации диаметра увеличивается, т. е. прямопропорциональная зависимость, а по высоте, сверху вниз, в первом случае возрастает, а во втором уменьшается. Максимальное значение при одной величине перемещения одинаковая  $\Delta = 60$  мкм, только в разных сечениях по высоте. Среднее значение деформации по высоте втулки в первом случае  $\Delta_{1cp} = 44$  мкм, а во втором  $\Delta_{2cp} = 45$  мкм, что очень близко друг к другу. Деформирование втулки происходило в зоне упругих деформаций, поскольку после снятия нагрузки форма и размеры втулки оставались без изменений.

Подставим данные  $\alpha = 1^\circ 15'$  и  $l = 2$  мм в формулу (1), чтобы проверить теоретические значения:

$$\Delta = 2 \cdot \operatorname{tg} 1^\circ 15' = 2 \cdot 0,022 = 0,044 \text{ мм},$$

что полностью подтверждается экспериментальными данными.

Таким образом, можно сказать, что предложенная схема регулировки зазора в подвижных соединениях вполне работоспособная и может быть использована в оборудовании различных отраслей промышленности.

Например, известно использование разработанной схемы для повышения надёжности, эффективности и коэффициента полезного действия рабочего цилиндра [4], системы управления [5] и всего молота соответственно.

## ВЫВОДЫ

В результате проведённых экспериментов получены данные, из которых следует, что предложенная схема регулирования зазоров в подвижных цилиндрических соединениях работоспособная. Она позволяет компенсировать износ, который возникает в процессе эксплуатации, а также проводить более качественную наладку оборудования. Компенсация износа повышает продолжительность работы оборудования без ремонта, а качество наладки повышает коэффициент полезного действия использования машины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Роганов Л. Л. Развитие конструкций целевых втулок-уплотнений для гидросистем прессов и станков / Л. Л. Роганов, Л. Н. Абрамова // Удосконалення процесів та обладнання обробки металів тиском в металургії та машинобудуванні : тематич. зб. наук. пр. – Краматорськ, 2001. – С. 42–46.
2. Роганов Л. Л. Направления совершенствования паровоздушных молотов [Электронный ресурс] / Л. Л. Роганов, М. Л. Роганов, А. С. Рудченко // Научный вестник ДГМА. – 2009. – № 1(4Е). – С. 145–149. – Режим доступа : [http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009\\_1/article/09RLLIAH.pdf](http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/VDDMA/2009_1/article/09RLLIAH.pdf).
3. Николаев В. А. Устройство клинового типа для регулирования межвалкового зазора в клети кварто / В. А. Николаев // Металл и литьё Украины: Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины. – 2004. – № 11. – С. 30–32.
4. Патент України 45985 / F16G 10/00. Робочий циліндр пароповітряного молота / Роганов Л. Л., Роганов М. Л., Рудченко А. С. – Бюл. № 23 от 10.12.2009.
5. Патент України 46487 / F15B 15 / 00. Золотник системи керування пароповітряним молотом / Роганов Л. Л., Роганов М. Л., Рудченко А. С. – Бюл. № 24 от 25.12.2009.

Роганов Л. Л. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой МТО ДГМА;

Роганов М. Л. – канд. техн. наук, доц., директор ИПКПК;

Рудченко А. С. – аспирант ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск;  
ИПКПК – Институт повышения квалификации и подготовки кадров, г. Краматорск.

E-mail: mto@dgma.donetsk.ua