

УДК 621.941

*В. Г. Гашков, В. А. Жуйков*

## **АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ**

В статье рассмотрены применяемые на машиностроительных предприятиях приемы компенсации погрешностей токарной обработки. Наиболее острыми проблемами при токарной обработке с использованием самоцентрирующих спирально-речных патронов являются погрешности базирования заготовок и засорение внутренних узлов патрона стружкой, пылью и смазочно-охлаждающими жидкостями. Анализ применяемых на предприятиях приемов устранения этих проблем показывает, что они обусловлены конструктивными недостатками патронов. Но в течение многих десятилетий технологи и станочники борются со следствиями этих недостатков патронов. На это затрачивается огромное количество временных и финансовых ресурсов, но не устраняют их первопричины. Отсюда следует вывод о необходимости модернизации технической системы «патрон токарный самоцентрирующий» и ее взаимодействия с надсистемой, то есть со станком. Представленные результаты анализа будут полезны для решения этой задачи.

*Ключевые слова:* токарный спирально-речный патрон, обрабатываемая заготовка, шпиндель токарного станка, погрешности обработки, базирование патрона.

Технологическая оснастка для установки и закрепления обрабатываемых деталей на металлорежущих станках должна обеспечивать выполнение механической обработки с высокой производительностью, безопасностью и точностью. Первые два требования вполне успешно обеспечиваются токарными спирально-речными самоцентрирующимися патронами, в результате чего они получили широкое распространение на производственных предприятиях при токарной обработке. Однако при использовании токарных спирально-речных па-

тронов возникают погрешности обработки деталей, снижающие их качество и увеличивающие себестоимость выпускаемой продукции.

Вопросы повышения эффективности работы спирально-реечных самоцентрирующих патронов затронуты в ряде работ [1, 6, 8]. В частности, работе [1] рассмотрен перечень наиболее распространённых на одном из предприятий г. Кирова токарных патронов и проблемы, с которыми сталкиваются станочники, возникающие при использовании данного технологического оборудования. Решение этих проблем приходится искать самим станочникам. За многие годы эксплуатации патронов ими были найдены методы компенсации погрешностей обработки деталей, обусловленных конструктивными недостатками патронов. В данной работе эти методы рассмотрены более подробно, а также приведены интересные технические решения, защищенные патентами.

Все используемые методы можно разделить на несколько видов: доработка кулачков, выверка положения корпуса на шпинделе станка, использование дополнительных упругих разрезных втулок.

Основной вид погрешностей обработки обусловлен неточным базированием заготовки в патроне, заключающемся в смещении оси обработанной поверхности относительно оси зажимной поверхности, отклонением линейных размеров обрабатываемой детали, отклонением от круглости и цилиндричности поверхностей обрабатываемых отверстий и валов.

Первый вид погрешности – смещение оси обрабатываемой поверхности 2 относительно оси базовой поверхности 1 (рис. 1) – возникает в результате отклонения от соосности оси шпинделя и, соответственно, оси обрабатываемой поверхности, и оси базовой поверхности, за которую заготовка закрепляется в кулачках. Величина  $\Delta$  этой погрешности складывается из следующих составляющих: радиального 1 и торцевого 2 биения базовых поверхностей фланца 3 шпинделя; зазоров в сопряжении 4 цилиндрического центрирующего пояса корпуса и промежуточного фланца, в сопряжении 5 отверстия спирального диска и корпуса, в подвижных сопряжениях зажимных кулачков с направляю-

щими пазами 6 корпуса, а так же неравномерного износа этих поверхностей, их загрязнения и повреждения поверхностей реек кулачков и торцевой спирали 6 диска [1].

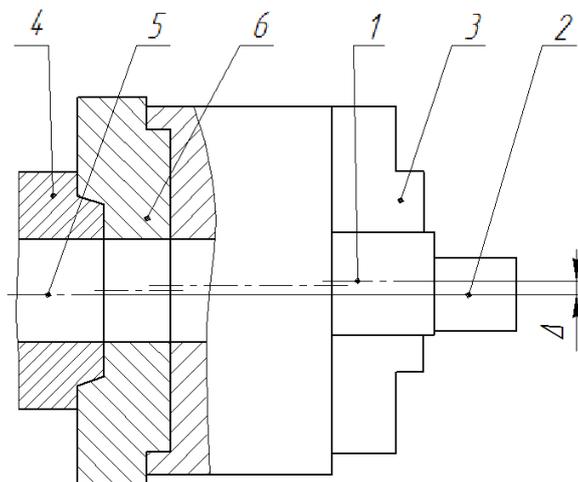


Рис. 1. Схема погрешности смещения оси заготовки

Так торцевое биение кулачков токарного патрона диаметром 250 мм класса II составляет 0,05 мм, а радиальное – 0,08 мм [2], радиальное биение центрирующей поверхности переходных дисков от 0,01 мм до 0,03 мм, торцевое биение – 0,03 мм, радиальное биение наружной и внутренней центрирующих поверхностей шпинделя станка класса Н – 0,007 мм, торцевое – 0,01 мм [3].

На МСЗ г. Кирова проблема биения заготовки решается двумя способами: совмещения положения оси базовой поверхности заготовки с осью вращения шпинделя путем выверки положения корпуса на переходном фланце, получившей жаргонное название «обкатка патрона», и расточкой базовых поверхностей зажимных кулачков.

Первый способ заключается в следующем. В кулачках патрона 1, установленного на переходном фланце на цилиндрический центрирующий пояс с не затянутыми крепежными винтами, зажимается калибр-кольцо 2, имитирующее по габаритам обрабатываемую заготовку (рис. 2).

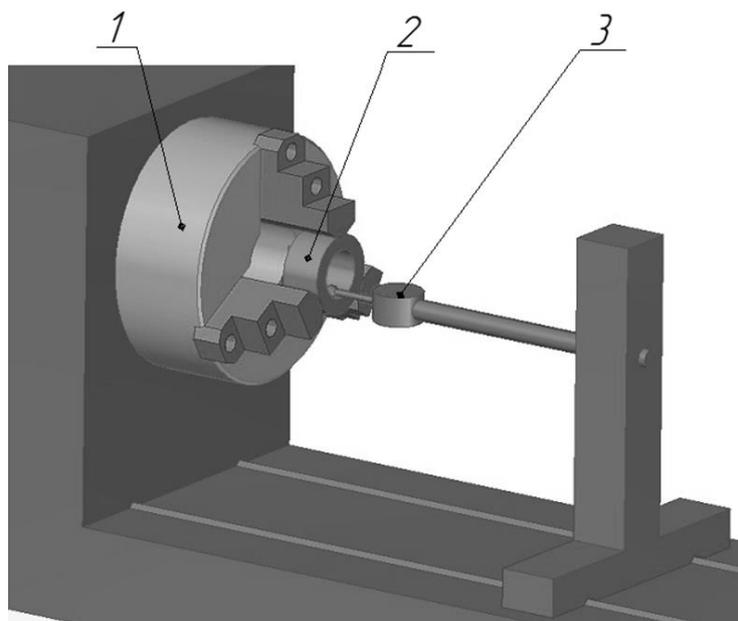


Рис. 2. Настройка точности токарного патрона методом «обкатки»

К поверхности калибр-кольца подведён индикатор 3. При медленном вращении шпинделя он показывает величину отклонения оси базовой поверхности калибр-кольца от оси вращения шпинделя станка. Далее патрон смещается в радиальном направлении постукиванием деревянным молоточком для устранения этого отклонения. После нескольких попыток удается достигнуть допустимого биения. После этого болты затягиваются окончательно и для контрольного замера биения токарного патрона производится ещё один оборот шпинделя.

Данный способ позволяет получить значение радиального биения меньше, чем у шпинделя станка – до 0,005 мм. К недостаткам относится длительность процедуры, которая варьируется от 20 минут до 1 часа и более в зависимости от точности настройки.

В научной литературе известно изобретения для центрирования деталей на токарном станке [4], использование которого может ускорить вышеописанный процесс настройки токарного патрона (рис. 3).

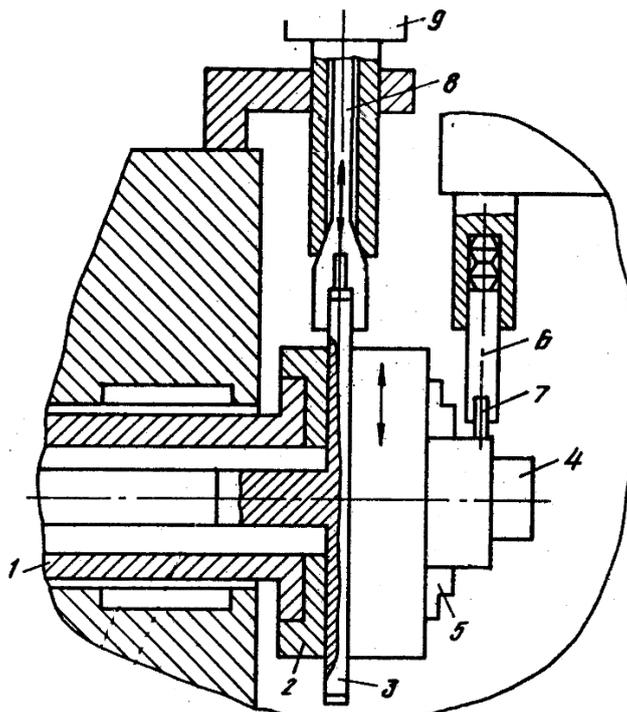


Рис. 3. Устройство для центрирования деталей на токарном станке

Суть данного метода заключается в следующем. Шпиндель 1 снабжён патроном, состоящим из двух частей 2 и 3, которые могут перемещаться друг относительно друга, деталь 4 зажата в кулачках 5. На суппорте станка закрепляется механизм точного измерения биения 6 с роликом 7, а на корпусе передней бабки станка – устройство перемещения патрона в радиальном направлении 8 с силовым цилиндром 9.

После закрепления детали 4 в кулачках патрона 5 к её поверхности подводят ролик 7 и медленно вращают шпиндель 1. Устройство 6 определяет погрешность установки детали в кулачках патрона. Затем включается силовый цилиндр 9 и перемещает подвижную часть патрона 3 на необходимую величину.

Метод центрирования заготовок с использованием изобретения более сложный, но позволяет получать высокую точность базирования с меньшими затратами времени.

При настройке методом приточки кулачков точность базирования заготовок достигается обработкой поверхностей 1 кулачков 2, в которых будет зажиматься заготовка (рис. 4). При этом вместо стандартных используют притачива-

емые («сырые») кулачки. Для исключения люфтов зажимают специальное приспособление 3 (например, приспособление для растачивания кулачков трёхкулачкового патрона BAV ROHT).

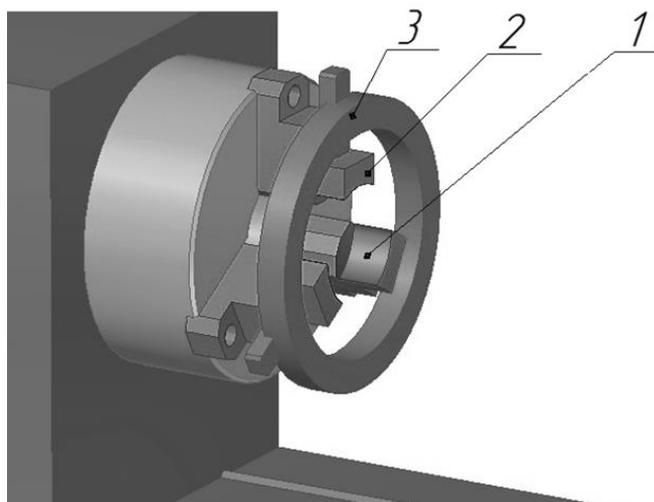


Рис. 4. Настройка установки токарного патрона методом приточки

Данный способ позволяет получить биение зажимаемой в кулачках заготовки до 0,01 мм. К недостаткам можно отнести необходимость иметь для каждой технологической операции и каждого патрона свой комплект кулачков, что увеличивает затраты на подготовку производства и хранение оснастки, а на станках с ЧПУ для выполнения приточки необходима дополнительная программа движения инструмента. Так же притачиваемые кулачки очень чувствительны к погрешностям формы и размеров своих установочных элементов и в настоящее время при их снятии и установке вновь в то же положение биение может увеличиваться до 0,1 мм.

Альтернативой метода приточки кулачков является устройство с механизмом автоматической поднастройки положения оси заготовки [5]. В корпусе патрона на ползунах 2 установлены зажимные кулачки 1, в которых на оси 4 расположены прижимы 3, с которыми взаимодействуют столбики пьезоэлементов 5 и подпружиненные толкатели 6 (рис. 5).

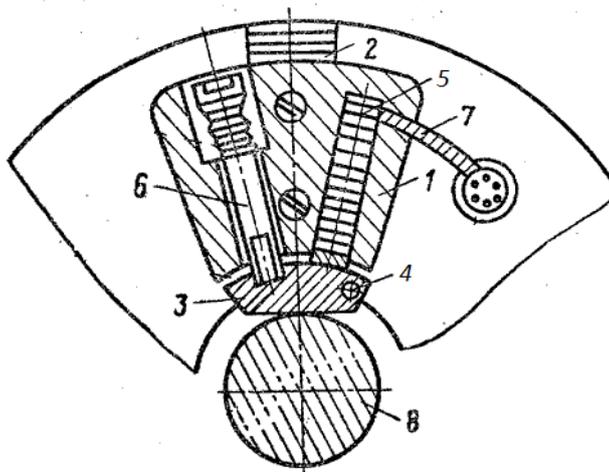


Рис. 5. Кулачки с механизмом автоматической поднастройки положения оси заготовки

После установки заготовки 8 кулачки 1 перемещаются к центру и происходит зажим заготовки. При этом встроенные в корпус датчики регистрируют положение заготовки и через систему ЧПУ подаются различные напряжения по разъемам 7 на столбики 5 каждого кулачка.

Данный способ позволит уменьшить затраты времени и исключит необходимости использования большой номенклатуры сменных кулачков, однако имеет сложную конструкцию и ограниченный диапазон линейных перемещений прижимов, что ограничивает его технологические возможности.

Во всех вышеописанных методах компенсации погрешностей смещения оси обрабатываемой поверхности относительно оси базовой поверхности не решаются первопричины их возникновения. Решение одной из этих причин – исключение зазоров между присоединительными поверхностями спирального диска и корпуса патрона подробно рассмотрена в работе [6]. Предлагается корпус патрона 1 ориентировать на конусе шпинделя станка 3 и на этом же конусе устанавливать спиральный диск 5 через разжимное кольцо из упругого антифрикционного материала 2, поджимаемое винтом 4 (рис. 6). Установка спирального диска непосредственно на шпиндель станка с минимальными зазорами существенно снижает погрешность установки заготовки в кулачках 6.

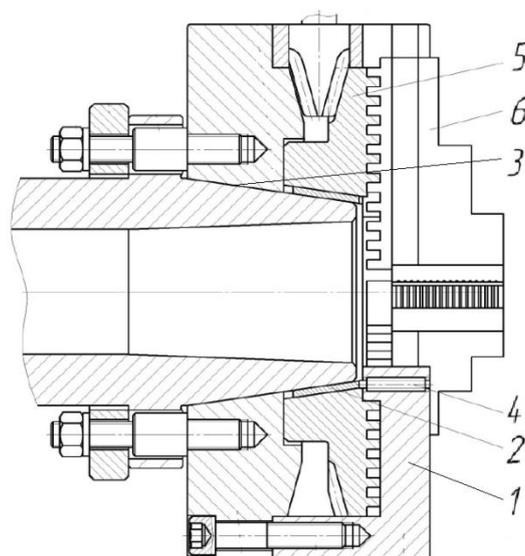


Рис. 6. Способ исключения зазора между спиральным диском и шпинделем патрона

Второй вид погрешности – отклонение линейных размеров обрабатываемой детали. Образуется за счёт смещения заготовки 3 вдоль оси вращения 4 токарного патрона 1 на величину  $\Delta$  в результате перекоса кулачков 2 на угол  $\alpha$  (рис. 7).

Проблема возникает из-за зазоров между поверхностями в сопряжениях направляющих корпуса и пазов реек кулачков. Соотношение высоты кулачка к длине паза, как правило, больше единицы, и силы противодействия, возникающие при зажиме заготовки, вместо смещения кулачка в радиальном направлении приводит к его повороту в плоскости оси токарного патрона, образуется перекосяк. Возникающие погрешности составляют в среднем 0,04 мм, но иногда и более 1 мм, в зависимости от степени износа направляющих.

Проблема решается тремя способами: корректировкой размеров, приточкой кулачков и пластическим деформированием направляющих корпуса.

При корректировке размеров производится компенсация возникающей погрешности значениями настроечных размеров. Недостатком данного метода является необходимость определения значения корректировки, которое зависит от формы и размеров кулачков, то есть необходимо изготовить пробную деталь, кроме того существует некоторая вариация этого значения из-за действия на

него непостоянства усилий зажима ручного привода и степени загрязнения направляющих корпуса патрона.

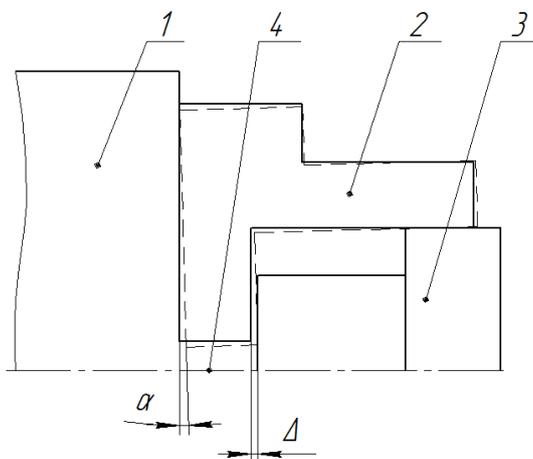


Рис. 7. Схема возникновения погрешности линейных размеров

При приточке кулачков (технология притачивания описана выше) проблема тоже решается частично, сказывается несовпадения поверхностей для базирования приспособления для расточки кулачков и растачиваемых поверхностей. То есть при зажиме обрабатываемой детали силы будут действовать на кулачки не так, как они действуют при зажиме в них приспособления для растачивания кулачков, и, соответственно, значения перекоса кулачков будут отличаться. Кроме того, необходимо иметь для каждой технологической операции и каждого патрона свой комплект кулачков, что приводит к дополнительным издержкам.

При способе пластического деформирования направляющих корпуса выполняется кернение вдоль всей поверхности направляющих с внешней стороны, что позволяет уменьшить зазор. Недостатком данного метода является более быстрый износ вновь образованной поверхности, так как в данном случае трение осуществляется не по поверхности, а по точкам. Кроме того нарушается плоскостность этих поверхностей, поэтому данный метод применяется к сильно изношенным токарным патронам, у которых линейная погрешность составляет от 0,5 мм и более.

Все вышеописанные способы исключения линейной погрешности имеют один общий недостаток – они устраняют последствия, а не саму проблему.

Третья причина возникновения погрешностей – отклонение от круглости и цилиндричности поверхностей обрабатываемых отверстий и валов. Возникает в результате деформирования зажимаемых поверхностей заготовки в пределах упругих деформаций из-за недостаточной их жёсткости (наблюдается у тонкостенных деталей). Обрабатываемая деталь 2 при зажиме кулачками 1 деформируется, принимая в сечении форму огранки и сохраняет её при обработке, а после разжима обрабатываемая деталь восстанавливает свою первоначальную круглую форму, но обработанная поверхность приобретает в сечении форму огранки, получая отклонение  $\Delta$  (рис. 8).

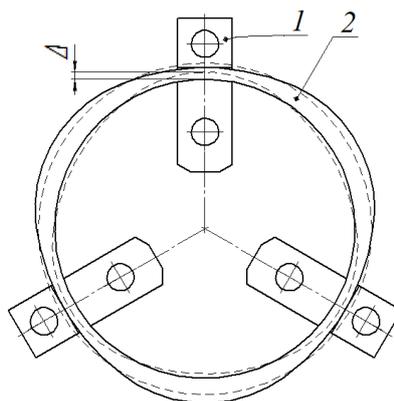


Рис. 8. Схема возникновения отклонений от круглости

На МСЗ г. Кирова данная проблема решается методом дополнительного увеличения жёсткости обрабатываемой детали и увеличением площади контакта.

При дополнительном увеличении жёсткости заготовки применяется специальная технологическая оснастка 1, которая представляет собой для обработки наружных поверхностей заглушку, а для обработки отверстий – разрезное кольцо, которые устанавливаются на обрабатываемую заготовку 2 и придают ей необходимую жёсткость (рис. 9).

## Технические науки

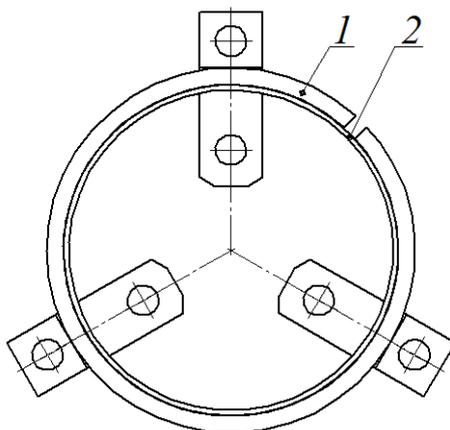


Рис. 9. Метод увеличения жёсткости заготовки при помощи разрезной втулки

К недостаткам данного метода относится необходимость дополнительных издержек на оснастку для увеличения жёсткости, а так же поверхности обрабатываемой заготовки должны обеспечивать возможность установки заглушки или разрезного кольца.

При увеличении площади контакта используют специальные объёмные кулачки 1 (рис. 10), которые за счёт охвата всего базового диаметра заготовки 2 распределяют усилие зажима по всей площади контакта. В результате усилие зажима на единицу поверхности становится недостаточным для деформирования обрабатываемой заготовки.

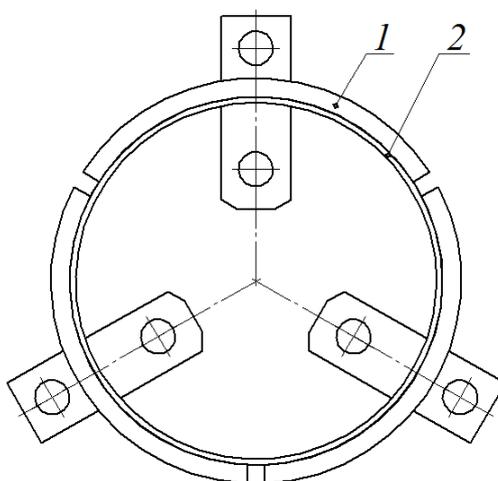


Рис. 10. Метод увеличения жёсткости заготовки при помощи объёмных кулачков

К недостаткам данного метода относится высокие требования к форме и размерам зажимающих поверхностей кулачков, в результате чего их необходимо притачивать, а так же для каждой технологической операции требуется свой комплект кулачков.

Выбор того или иного метода определяется условиями обработки, формой и размерами обрабатываемой детали, объёмами производства и пр. Но оба они хорошо зарекомендовали себя при обработке тонкостенных деталей нВ трёхкулачковых токарных самоцентрирующихся патронах, так как позволяют обрабатывать тонкостенные детали, номенклатура которых на предприятии более 30%.

Альтернативным способом исключения отклонения от круглости и цилиндричности обрабатываемых поверхностей является устройство, позволяющее повысить качество обработки тонкостенных деталей путём точного измерения усилия зажима [7]. В кулачке 1 патрона выполнен паз 2, в котором размещены вкладыши 3 и пьезокерамические пластины 4, предназначенные для измерения усилия зажима и вывода числового значения на прибор 5 (рис. 11). При зажиме заготовки 6 на приборе 5 показывается усилие, по значению которого можно определять момент затяжки.

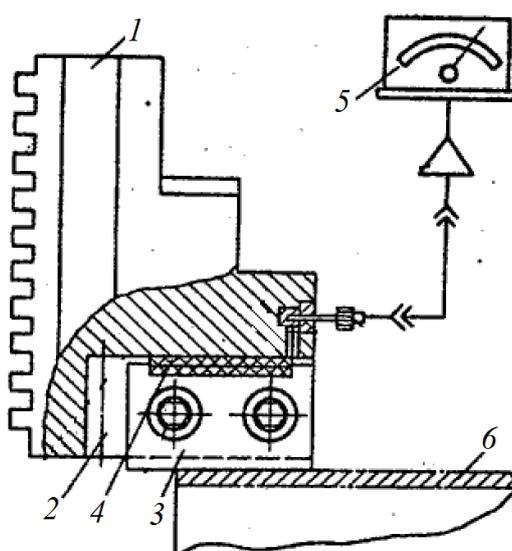


Рис. 11. Схема устройства для повышения точности обработки тонкостенных деталей путём точного измерения усилия зажима

Так же данная проблема может решаться при помощи использования механизированного спирально-реечного токарного патрона, особенностью которого является использованием для зажима заготовок привода от шпинделя станка и возможность регулирование усилий зажима в широком диапазоне. Вариант конструкции такого патрона приведен в статье [8].

Таким образом, не смотря на большой период использования токарных самоцентрирующих патронов ни одна из вышеперечисленных проблем, связанных с точностью обработки, полностью не решена. Устраняются следствия конструктивных недостатков патронов, а не первопричины. В результате повышение точности токарной обработки сопровождается снижением производительности труда, дополнительными затратами материалов и повышением себестоимости продукции.

Для разрешения выявленных проблем необходимо совершенствовать конструкцию спирально-реечного патрона. Необходимо устранить погрешности базирования корпуса и спирального диска относительно оси шпинделя станка, обеспечить без зазорное сопряжение зажимных кулачков с пазами корпуса, защиту всех подвижных сопряжений от пыли, стружки, СОЖ и т. п. Работы в этом направлении ведутся на кафедре технологии машиностроения ВятГУ.

### Список литературы

1. Гашков В. Г., Жуйков В. А., Смертина Е. А. Проблемы эксплуатации токарных самоцентрирующих патронов на АО «ЛЕПСЕ» // Общество, наука, инновации (НПК-2016): сб. ст. Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. С. 1084–1088.
2. ГОСТ 1654-86. Патроны токарные общего назначения. Общие технические условия. Введ. 26.06.1986. М.: Изд-во стандартов, 1986. 14 с.
3. ГОСТ 18097-93. Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности. Введ. 07.01.1996. ИПК: Изд-во стандартов, 1996. 20 с.
4. Патент 1839366, МПК 6 В23В31/36 Российская Федерация. Устройство для центрирования деталей на токарном станке / Д. Н. Тверской, Ж. Н. Кадыров, В. Н. Дербенев, В. И. Кочкин, М. Т. Коротких, И. С. Ходош. № 4750993/08; заявл. 23.10.1995; опубл. 09.06.95, Бюл. № 6. 2 с.: ил.

5. А.с. 1426704, МПК В23В31/28. Токарный самоцентрирующий патрон / Л. А. Васильевых, Ю. Л. Апатов, Г. Б. Светлаков, Е. А. Куимов, В. А. Жуйков. 4151421; Заявлено 25.11.1986; Опубл. 30.09.1988, Бюл. 36. С. 3.

6. Жуйков В. А., Смертина Е. А. Оптимизация конструкций токарных самоцентрирующих патронов // Общество, наука, инновации (НПК-2016): сб. ст. Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. С. 1078–1083.

7. А.с. 1351722, МПК В23В31/28. Токарный самоцентрирующий патрон[Текст] / Л. А. Васильевых, Ю. Л. Апатов, Г. Б. Светлаков, Е. А. Куимов, В. А. Жуйков. 4023813; Заявлено 19.02.1986; Опубл. 15.11.1987, Бюл. 42. С. 3.

8. Жуйков В. А., Смертина Е. А. Механизация спирально-реечного токарного патрона // Общество, наука, инновации (НПК-2016): сб. ст. Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. С. 1073–1087.

**ГАШКОВ Виктор Геннадьевич** – магистрант факультета технологии, инжиниринга и дизайна, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: skipper\_85@mail.ru

**ЖУЙКОВ Валерий Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии машиностроения, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: usr00125@vyatsu.ru