

# 03, март 2016

УДК 62-408.64

### **Моделирование собственного износа притиров на доводочно-полировальном станке эксцентрикового типа**

*Зивенко Н.О., студент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Технологии приборостроения»*

*Научный руководитель: Сагателян Г.Р., д.т.н., профессор  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Технологии приборостроения»*

[zivenko@student.bmstu.ru](mailto:zivenko@student.bmstu.ru)

Рассмотрена проблема расчета ожидаемой формы износа притира доводочно-полировального станка. На основании полученных экспериментальных данных и предложенной математической модели написана программа расчета формы износа. Произведена проверка модели путем сопоставления найденных экспериментально и рассчитанных по программе значений собственного износа притиров.

Ключевые слова: доводочно-полировальный станок (grinding-and-lapping machine), износ притиров (wear of lapping tools), влияние характеристик станка на форму износа притиров (influence of machine parameters in the form of wear lapping).

Основой для данной статьи послужили данные, полученные при обработке деталей на двухстороннем доводочно-полировальном станке эксцентрикового типа, предназначенном для доводки и полирования пластин малой толщины, цилиндрических поверхностей и плоско-выпуклых элементов [1] и математическая модель, предложенная для расчета ожидаемой формы износа рабочей поверхности притира [2].

Одним из распространенных способов обработки цилиндрических деталей малой толщины является процесс доводки на доводочно-полировальном станке с использованием свободного абразива. Режущим инструментом являются частицы карбида кремния в составе подаваемого на притиры абразива. В процессе работы станка притиры вместе с абразивом вращаются около детали, снимая с неё частицы материала. Для эффективной обработки детали размещают в сепараторе (рис. 1).

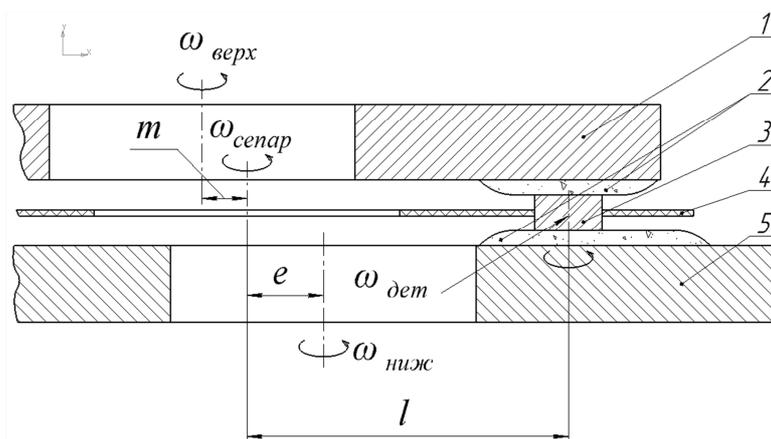


Рис. 1. Схема доводки детали на доводочно-полировальном станке эксцентрикового типа:  
 1 – верхний притир, 2 – абразивная смесь, 3 – обрабатываемая деталь, 4 – сепаратор  
 деталей, 5 – нижний притир

В результате смещения центров вращения притиры и детали проходят относительно друг друга разное расстояние и кремниевые частицы под действием сил тяжести элементов станка обрабатывают поверхности детали и притиров. Снятые с поверхностей частицы вместе с абразивом под действием сил инерции покидают рабочую зону.

Кинематика станка обеспечивает сложное перемещение деталей относительно рабочих поверхностей притиров и равномерную двухстороннюю обработку [3].

Согласно [2] предполагается, что объем изношенного материала притира соответствует суммарному объему всех микроцарапин, а форма износа определяется неравномерностью распределения этого объема по поверхности. Также вводятся следующие предположения:

1. Линейный износ в некоторой кольцевой зоне притира равен частному от деления суммарного объема микроцарапин в пределах этой зоны на её площадь.
2. Суммарный объем царапин пропорционален их суммарной длине.

На рис. 2 представлена схема для расчета ожидаемой формы износа рабочей поверхности притира. Предполагается, что точность формы доведенной детали определяется точностями формы (отклонениями от плоскостности) рабочих поверхностей притиров. Необходимо аналитически определить геометрические параметры и кинематические факторы операции доводки, обеспечивающие минимальные отклонения от плоскостности рабочих поверхностей притиров в процессе доводки.

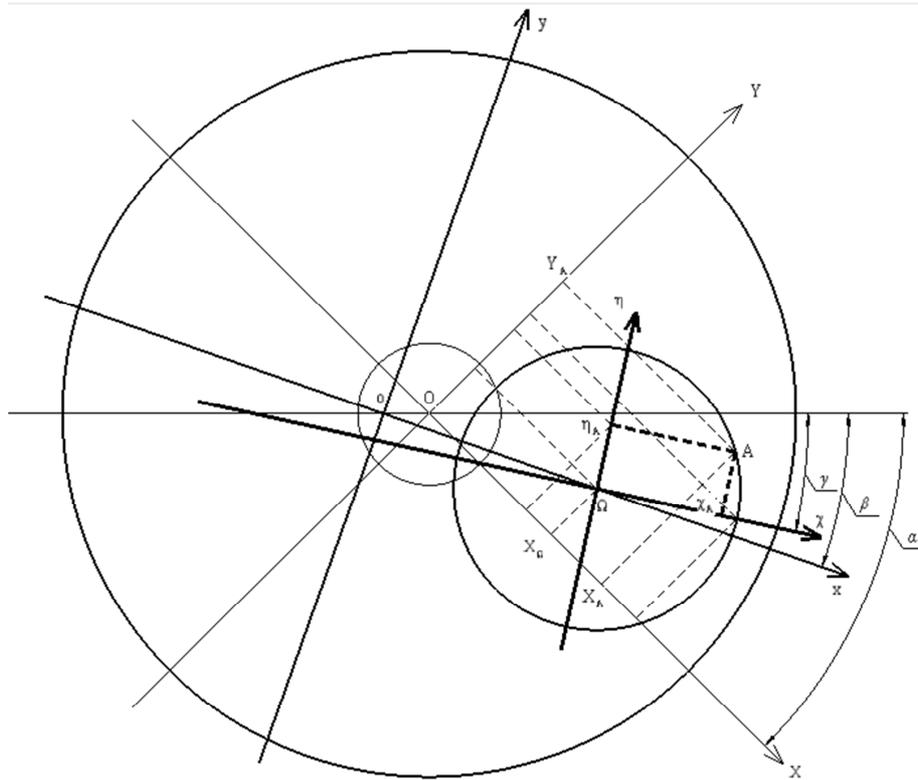


Рис. 2. Схема для расчета ожидаемой формы износа притира

В текущем положении процесса доводки притир (система координат  $XOY$ ) повернулся на угол  $\alpha$ , сепаратор (система координат  $xoy$ ) – на угол  $\beta$ , а деталь в гнезде сепаратора (система координат  $\chi\Omega\eta$ ) – на угол  $\gamma$ .

В первом приближении можно предположить наличие прямо пропорциональной зависимости между рассматриваемыми углами, а именно:

$$\beta = k_1\alpha, \gamma = k_2\alpha,$$

где  $k_1$  и  $k_2$  - коэффициенты пропорциональности.

Полученная система уравнений позволяет определить элементарное перемещение  $dL$  в зависимости от кинематических и геометрических параметров станка:

$$dL = \sqrt{(dX_A)^2 + (dY_A)^2},$$

где

$$dX_A = \left\{ \left\{ -(X_0 \cos \alpha + Y_0 \sin \alpha) - (1 - k_1) \{ x_\Omega \sin[(1 - k_1)\alpha] + y_\Omega \cos[(1 - k_1)\alpha] \} - (1 - k_2) \{ \chi_A \sin[(1 - k_2)\alpha] + \eta_A \cos[(1 - k_2)\alpha] \} \right\} \right\} d\alpha;$$

$$dY_A = \left\{ \left\{ (X_0 \cos \alpha - Y_0 \sin \alpha) + (1 - k_1) \{ x_\Omega \cos[(1 - k_1)\alpha] - y_\Omega \sin[(1 - k_1)\alpha] \} + (1 - k_2) \{ \chi_A \cos[(1 - k_2)\alpha] - \eta_A \sin[(1 - k_2)\alpha] \} \right\} \right\} d\alpha.$$

На основе предложенной системы была разработана компьютерная программа в среде MATLAB, снабженная интерфейсом, представленном на рис. 3.

Основными элементами интерфейса программы являются поля ввода данных с их текстовым описанием. При нажатии на элемент интерфейса «Произвести расчет» строятся два графика удельного износа притиров в зависимости от расстояния единицы износа до центра притиров.

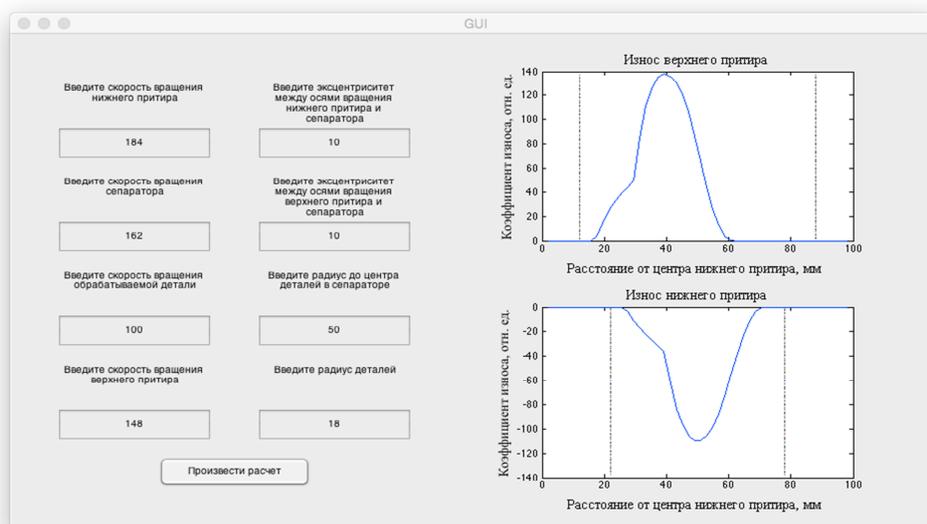


Рис. 3. Интерфейс программы расчета профиля удельного износа притиров в процессе доводки деталей

В верхней половине поля вывода графиков отображается форма износа верхнего притира, в нижней – нижнего (синяя линия). Зона активного износа ограничена максимальным и минимальным значениями контакта детали с притиром, которые показаны красными пунктирными линиями.

В качестве проверки достоверности расчета была произведена обработка деталей на доводочно полировальном станке К3827 (рис. 4).



Рис. 4. Доводочно-полировальный станок эксцентрикового типа К3827

В роли заготовок использовались четыре детали, показанные в комплекте с сепаратором на рис. 5.

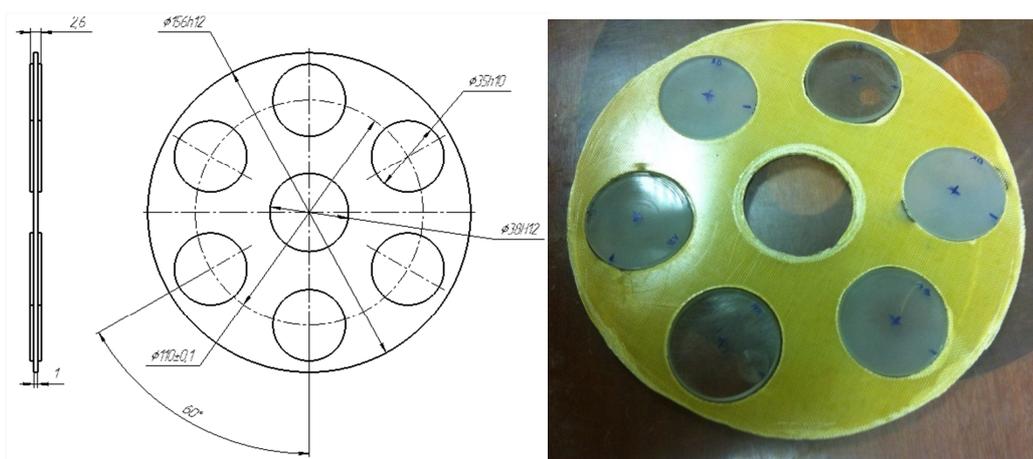


Рис. 5. Слева - эскиз сепаратора, справа - готовый сепаратор со вставленными заготовками

Проведем операцию доводки заготовок с мониторингом скоростей вращения притиров и сепаратора. Из-за сложности измерения скорости вращения деталей примем её равной половине скорости сепаратора.

Измерение скоростей вращения подвижных частей станка будет осуществляться с помощью лазерного тахометра, показанного на рис. 6.



Рис. 6. Лазерный тахометр UT372

Перед проведением операции и после нее измерим износ верхнего и нижнего притира по 9 точкам, находящихся на одной прямой и на одинаковом расстоянии друг от друга. Разница этих значений составит величину собственного износа притиров в результате процесса доводки заготовок.

По известным кинематическим и геометрическим параметрам произведем расчет ожидаемого профиля износа и сравним его с полученным. Если форма износа будет совпадать, то расчет будет считаться корректным.

Кинематические параметры обработки заготовок приведены в табл. 1.

Таблица 1

## Скорости вращения притиров, сепаратора и деталей

Нижний притир	Сепаратор	Деталь	Верхний притир
255	249	124	213

Измеренные отклонения по толщине рабочих поверхностей притиров приведены в табл. 2, 3.

Таблица 2

## Отклонения по толщине верхнего притира

Расстояние от центра притира, мм	40	44	48	52	56	60	64	68	72
Отклонения верхнего притира до операции доводки, мкм	0	-6	-12	-24	-38	-43	-49	-53	-52
Отклонения верхнего притира после операции доводки, мкм	0	1	2	2	3	4	5	3	1
Удельный износ верхнего притира, мкм	0	7	14	26	41	47	54	57	53

Таблица 3

## Отклонения по толщине нижнего притира

Расстояние от центра притира, мм	40	44	48	52	56	60	64	68	72
Отклонения нижнего притира до операции доводки, мкм	0	3	3	4	5	9	16	28	35
Отклонения нижнего притира после операции доводки, мкм	0	0	0	2	3	4	5	3	1
Удельный износ нижнего притира, мкм	0	3	3	2	2	5	11	25	34

Подставим данные из таблицы 3 в программу (рис. 7).

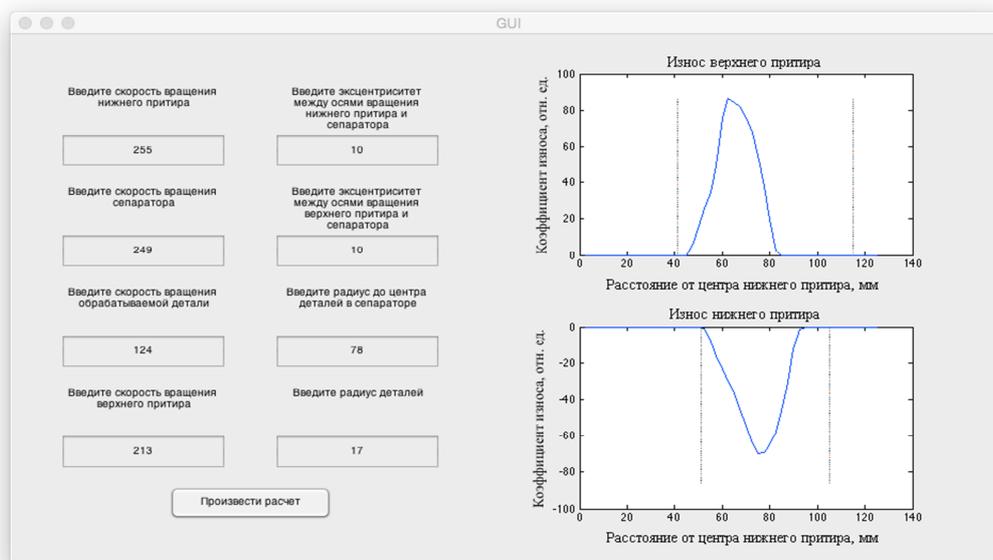


Рис. 7. Результаты расчета удельного износа притиров через программу

Представим измеренные удельные износы притиров в виде графиков и наложим на них результаты расчета таким образом, чтобы локальные максимумы совпадали по значению. Тогда по расхождению полученных экспериментальных и теоретических кривых износа можно будет сделать вывод о соответствии результатов расчета практическим данным.

Обозначим теоретические данные жирной линией, а экспериментальные - в виде отмеченных окружностями значений, которые соединены линией стандартной ширины.

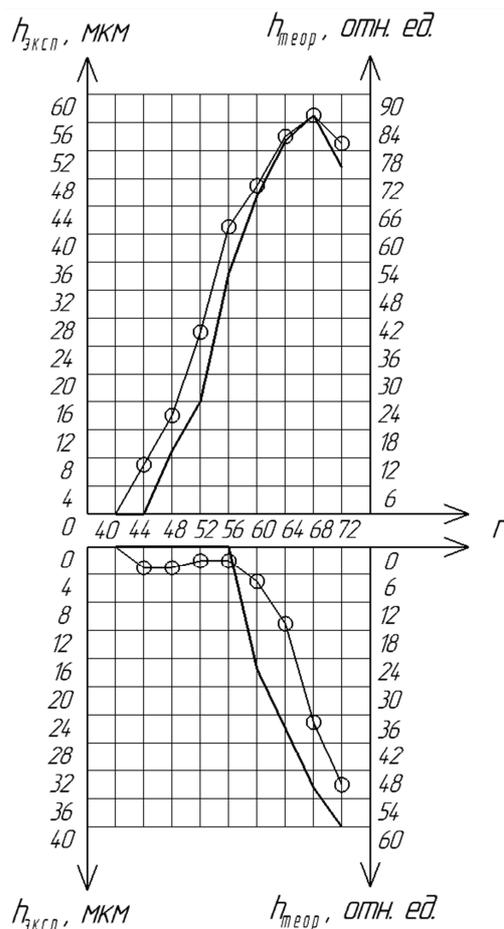


Рис. 8. Сравнение теоретических и экспериментальных значений собственного износа верхнего и нижнего притиров

Из рис. 8 можно сделать вывод, что форма собственного износа верхнего притира совпадает с расчетными данными. Для нижнего притира заметно совпадение по форме экспериментальных и теоретических данных, однако оно выражено менее явно, чем для верхнего притира. Это можно объяснить неточностью определения скорости вращения заготовок, а также изменением влияния сил давления на нижний притир с течением времени, которые программа учесть не может.

### Список литературы

- [1]. Орлов П.Н. Технологическое обеспечение качества деталей методами доводки. М.: Машиностроение, 1988. 384 с.
- [2]. Сагателян Г.Р., Новосёлов К.Л., Шишлов А.В., Щукин С.А. Применение нанотехнологических методов для изготовления пластины маятникового акселерометра // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. Вып. 6. Режим доступа: <http://engjournal.ru/catalog/nano/hidden/805.html> (дата обращения 07.09.2015).

[3]. Масловский В.В. Справочник по доводочным работам. Харьков: Прапор, 1985. 121 с.