

експериментально оцінити принципові можливості отримання фінішної поверхні з якомога меншими значеннями висоти мікронерівностей та, використовуючи принципи „чорного ящика”, отримати інтерполяційну модель, що дозволяє прогнозувати результати згладжування мікронерівностей в окремій наперед заданій області.

Аналізуючи отримані результати (рис. 5,6) можливо зробити такі висновки.

1. Доведено принципову можливість ефективно використовувати комбіновану технологію ЕЕДВ та ЕХП для суттєвого покращення якості оброблених поверхонь.
2. В області досліджених режимів досягнуто згладжування мікрорельєфу з  $R_a=3,2$  мкм до  $R_a=0,2-0,133$  мкм. При цьому якщо зі зміною напруги характер зменшення мікронерівностей є монотонним, то вплив МЕП має чітко виражений екстремум.
3. Отримана експериментальна статистична модель на рівні „чорного ящика” дозволяє прогнозувати вплив густини струму та величини міжелектродного проміжку на ефективність згладжування мікронерівностей на поверхні деталі, отриманої за технологією ЕЕДВ, при використанні в якості катода дротяного електрода в заздалегідь заданій області параметрів (матеріал електродів, склад, концентрація та температура електроліту).

**Список літератури:** 1. Осипенко В.І. Фізіко-технологічні основи електроерозійного дротяного вирізання. Дис. докт.техн наук. 05.03.07. – Київ. – 2006. – 369 с. 2. Иоффе В.Ф., Коренблюм М.В., Шавырин В.А. Автоматизированные электроэррозионные станки. Л.: Машиностроение, 1984. – 227с. 3. Коренблюм М.В., Полуянов В.С. Автоматизированные электроэррозионные станки. // Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. Резание металлов. Станки и инструменты. – 1990. - №9. – с. 1-132. 4. Съянов С.Ю. Технологические обеспечение качества поверхностного слоя деталей при электроэррозионной обработке: Дис. ... канд. тех. наук: 05.02.08. – Брянск. – 2002. – 166 с. 5. Технология электроэррозионной обработки / Н. К. Фотеев. М. : Машиностроение, 1980 - 184 с. 6. Білан А.В., Котельников Д.І., Небилиця Ю.М. Визначення шорсткості поверхні у процесі електроерозійного вирізання. // Вісник Чернігівського ДТУ. Серія технічні науки. №15. - 2002. с. 83-93. 7. Галанин С.И. Электрохимическая обработка металлов и сплавов микросекундными импульсами тока. Кострома: КГТУ. – 2001. – 120 с. 8. Толстая М.А., Анисимов А.П. Торетические основы электрохимической обработки металлов и сплавов. Учебное пособие. Ч. I. – М.: Московский авиационный технологический институт. – 1975. – 102 с. 9. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки под ред. В.А. Воломатова. Л.: Машиностроение. – 1988. – 719 с. 10. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. М.: Финансы и статистика. – 1981. - 263 с.

Сдано в редакцию 8.04.08

## ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ МНОГОСТУПЕНЧАТЫМ РЕЗЦОМ КУДИНОВА-СУХАНОВА

**Баласанян Б.С., Гарайн А. В, Баласанян А.Б., Кочарян К.С. (ГИУА, Ереван,  
Ванадзор, Республика Армения)**

*In work it is shown, that on size of total force of cutting at processing of plastic metals Kudinov-Sukhanov's by multistage cutter essential influence renders dependence of force of*

*cutting of its individual cutter on depth of cutting. It is established, that the size of total force of cutting by a multistage cutter can be reduced about two and more times if force of cutting of an individual cutter depending on depth of cutting begins with a small gradient.*

## **Введение**

В условиях жесткой рыночной экономики основной задачей производителей становится всемерное повышение качества и снижение себестоимости выпускаемой продукции, которое сопровождается увеличением в них числа деталей из высокопрочных неметаллических материалов и пластмасс. Наибольшую производительность изготовления пластмассовых деталей обеспечивают технологии их получения методами литья под давлением с использованием многоместной технологической оснастки. Такая оснастка отличается довольно сложной конструкцией используемых деталей, обусловленных наличием в них большого числа полостей и криволинейных поверхностей, вследствие которого коэффициент использования материала оказывается низким, а в процессе его изготовления превалируют объемы черновых лезвийных операций. В этих случаях особенно актуальными становятся вопросы повышения производительности черновой обработки материалов лезвийным инструментом, основной задачей которых является выявление условий повышения предельной толщины стружки без потери устойчивости станка.

Одним из оригинальных решений этой задачи следует считать резание многоступенчатым «виброустойчивым» резцом В.А.Кудинова и Э.С.Суханова [1] (многоступенчатый резец), применение которого позволяет увеличить общую глубину резания при черновых операциях до 3-х и более раза. Повышение устойчивости процесса резания этим резцом авторы объясняют увеличением постоянной времени его заднего угла, которое, как известно [2], является демпфирующей характеристикой процесса резания. Исследования, проведенные нами, показали [3], что на повышение устойчивости процесса резания многоступенчатым резцом, оказывает влияние также наличие сдвига фаз между силами резания его отдельных лезвий. В этой связи можно предположить, что механизм повышения устойчивости процесса резания этим резцом не раскрыт полностью. Очевидно, что в таком случае требуется проведение дополнительных исследований по изучению вопросов влияния на устойчивость процесса резания многоступенчатым резцом таких факторов, как число его одновременно режущих лезвий, шаг между соседними вершинами единичных лезвий в направлении глубины резания и подачи и т.д. Решение таких вопросов наверняка позволит увеличить эффективность использования многоступенчатого резца.

## **1. Обоснование возможности снижения суммарной силы резания при обработке многоступенчатым резцом**

Очевидно, что управление нагруженностью обрабатывающей системы можно осуществить как изменением числа одновременно режущих лезвий многоступенчатого резца, так и глубины резания  $t_z$  единичного лезвия. Для этого в первую очередь следует знать характер изменения силы от глубины резания единичным лезвием, который, как известно, зависит от большого числа параметров процесса обработки. Многочисленными исследованиями процесса резания металлов лезвийным инструментом установлено, что сила резания в зависимости от глубины обработки в основном носит линейный характер. Причем, такой характер изменения силы наблюдается при величинах глубины резания более 1 мм. Исследованиями Н.Н.Зорева [4] показано, что при резании однолезвийным инструментом различных металлов характер изменения силы резания от толщины среза меняется. При увеличении толщины среза до некоторой величины  $t_1$  сила резания практически увеличивается

линейно, в пределах  $[t_1, t_2]$  она увеличивается более интенсивно, от  $t_2$  происходит ее менее интенсивное увеличение (рис.1) .

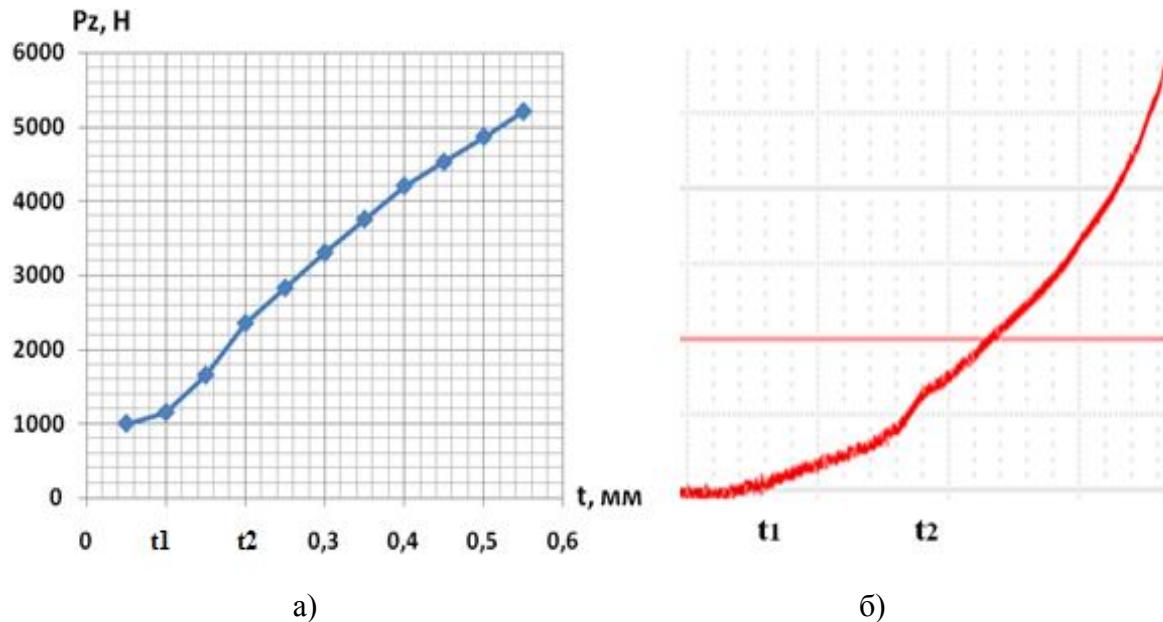


Рис.1. Характер изменения силы резания в зависимости от толщины среза: а- по экспериментальным данным Н.Н.Зорева [4] при косоугольном свободном резании стали 40ХМ-2, б- по осциллограмме силы резания при точении конической детали из стали Stavax (аналог стали 40Х13 - ГОСТ 5632-72) с перепадом диаметров 6,4 мм

Таким образом, можно считать, что характер изменения силы резания от толщины среза до некоторой ее величины  $t_2$  ( $t_2 = 0,08\ldots0,3$  мм) отличается от формы его дальнейшего изменения. Для установления зависимости силы резания от толщины среза нами проведены исследования по точению конической детали из стали Stavax с перепадом диаметров 6,4 мм, что позволило в пределах  $t = 0\ldots3,2$  мм установить зависимость силы резания от толщины среза. Проведенные исследования для различных условий обработки позволили получить осциллограммы силы резания (рис. 1 б), которые подтверждают наличие некоторой глубины резания, после которого характер изменения силы резания меняется.

С этих позиций рассмотрим возможные варианты изменения силы резания в зависимости от глубины срезаемого слоя, которые приведены на рис. 2. В первом случае с увеличением глубины срезаемого слоя градиент изменения силы резания падает, во втором - с увеличением глубины срезаемого слоя градиент изменения силы резания повышается, в третьем - сила резания увеличивается пропорционально глубине срезаемого слоя (рис.2).

Проанализируем влияние числа одновременно режущих лезвий многоступенчатого резца на нагруженность обрабатывающей системы. Очевидно, что ее наибольшая величина может быть получена при отсутствии сдвига фаз между силами резания соседних единичных режущих лезвий многоступенчатого резца, при котором суммарную силу можно определить суперпозицией силы резания отдельных режущих лезвий инструмента (рис. 3- рис.4).

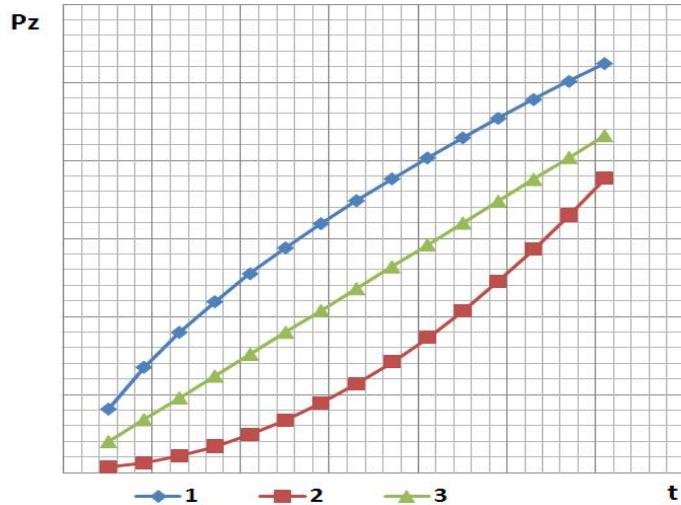


Рис.2. Возможные варианты изменения силы резания от глубины резания

Заметим, что для линейного характера изменения силы резания, которой соответствует прямая 3 на рис.2, независимо от числа одновременно режущих лезвий и толщины срезаемого слоя единичным лезвием многоступенчатого резца, суммарная сила резания многоступенчатым резцом и сила резания обычным резцом имеют один и тот же линейный характер. То есть, в этом случае, рассчитывать на возможность снижения суммарной силы резания многоступенчатым лезвием путем изменения числа одновременно режущих зубьев и толщины срезаемого слоя единичным зубом отсутствует.

В случае нелинейного характера изменения силы резания, которой соответствует кривая 1 на рис.2, при условии равенства общей глубины срезаемого слоя, суммарная силы резания многоступенчатым резцом во всех случаях оказывается больше силы резания обычным резцом (рис. 3а). При этом, суммарная сила резания по мере увеличения общей толщины срезаемого слоя увеличивается нелинейно, имеет тот же характер, что и изменение силы резания в пределах толщины срезаемого слоя первого единичного лезвия, который периодически повторяется. Таким образом, и в этом случае, рассчитывать на возможность снижения суммарной силы резания многоступенчатым лезвием путем изменения числа одновременно режущих лезвий и толщины слоя, срезаемого единичным лезвием, в условиях отсутствия сдвига между силами резания соседних единичных лезвий, не приходится. Наоборот, процесс резания, из условия равенства общей глубины срезаемого слоя, во всех случаях происходит с повышенной нагруженностью обрабатывающей системы.

Несколько иначе обстоит дело в случае изменения силы резания согласно кривой 2 (рис.2) или осциллограмме, приведенной на рис. 1б. Здесь, при условии равенства общей глубины срезаемого слоя, величина суммарной силы резания многоступенчатым резцом во всех случаях оказывается меньше силы резания обычным резцом (рис. 3б). Следовательно, в этом случае имеются предпосылки снижения общей нагруженности обрабатывающей системы изменением как от числа одновременно режущих лезвий многоступенчатого резца, так и толщины срезаемого слоя его единичным лезвием.

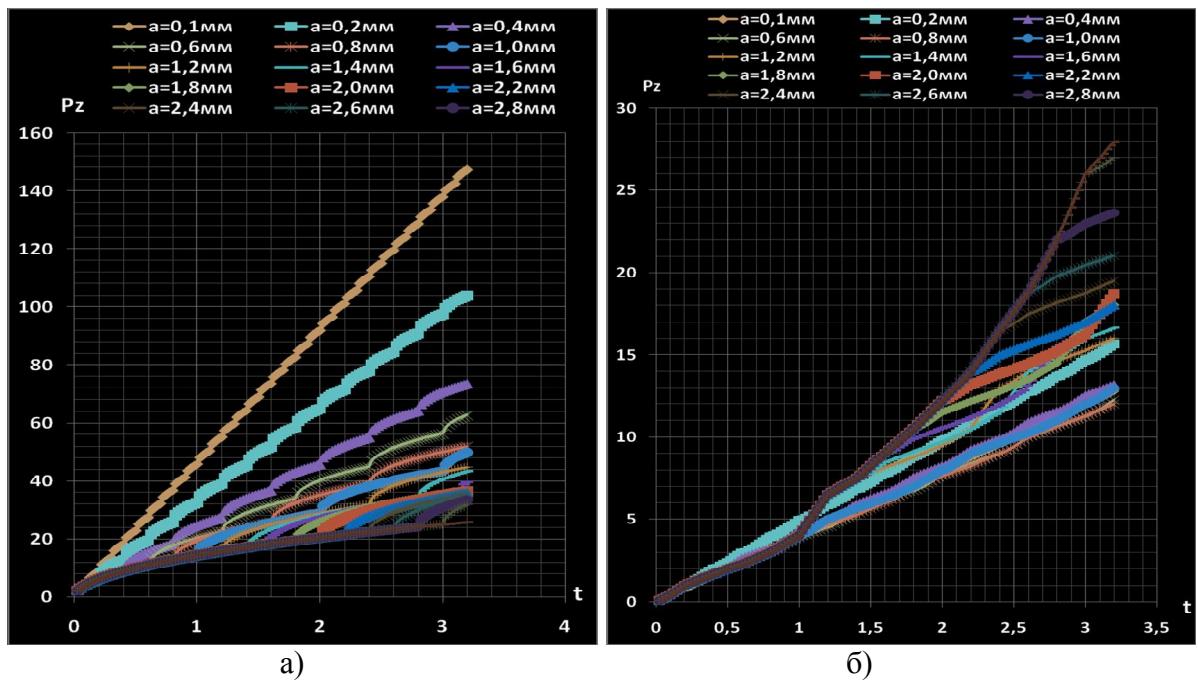


Рис.3. Характер изменения суммарной силы резания (в условных единицах) при обработке многоступенчатым резцом в зависимости от глубины резания: а - изменение силы резания первого вида, б- изменение силы резания второго вида

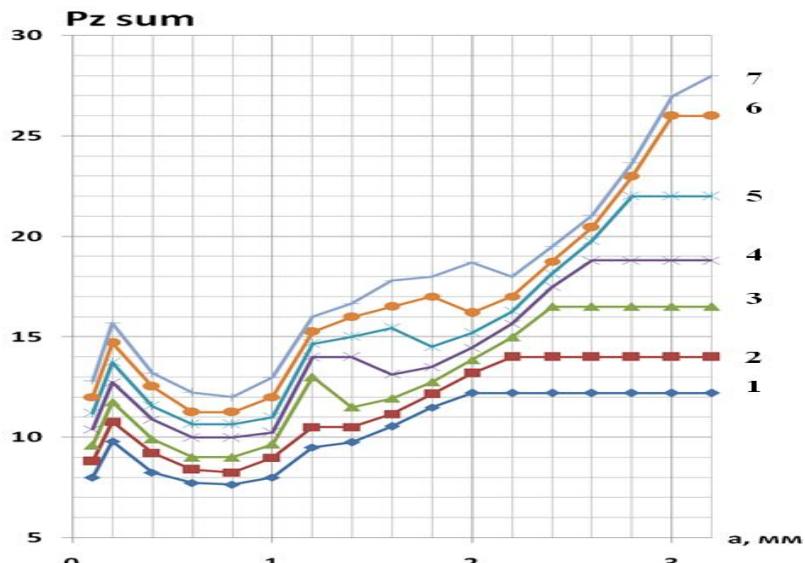


Рис.4. Характер изменения суммарной силы резания при обработке многоступенчатым резцом в зависимости от толщины слоя, срезаемого единичным лезвием:

1-  $t_{sum} = 2\text{мм}$ , 2-  $t_{sum} = 2,2\text{мм}$ , 3-  $t_{sum} = 2,4\text{мм}$ , 4-  $t_{sum} = 2,6\text{мм}$ , 5-  $t_{sum} = 2,8\text{мм}$ , 6-  
 $t_{sum} = 3,0\text{мм}$ , 7-  $t_{sum} = 3,2\text{мм}$

Из условия равенства общей глубины срезаемого слоя, определены зависимости изменения суммарной силы резания многоступенчатого резца от глубины срезаемого слоя  $a$  единичного лезвия, графики которых приведены на рис.4, откуда видно, что они носят нелинейный и экстремальный характер. Видно также (рис.4), что для всех случаев, минимумы суммарной силы резания многоступенчатого лезвия имеют место, когда  $a \in [0,4...1,0] \text{ мм}$ .

## **2. Экспериментальное обоснование возможности снижения суммарной силы резания при обработке многоступенчатым резцом**

Исследования, по установлению оптимального числа одновременно режущих лезвий и оптимальной толщины слоя, срезаемого единичным лезвием, проведены для случая, когда сила резания в зависимости от глубины резания изменяется согласно осциллограмме, приведенной на рис. 1. Получены осциллограммы изменения суммарной силы резания многоступенчатого резца при обработке конической заготовки, один из которых приведен на рис.5. Оцифрованные осциллограммы в виде графиков зависимости суммарной силы резания от числа одновременно режущих лезвий для многоступенчатого резца и глубины резания для обычного резца приведены на рис.6. Из рис.6 видно, что зависимость суммарной силы резания от числа одновременно режущих лезвий многоступенчатого резца носит довольно сложный характер, включающий участки монотонного нарастания и монотонного достижения максимумов, которые часто чередуются резким снижением с последующим резким увеличением силы резания, вследствие которого образуются ее минимумы. Заметим, что первый минимум суммарной силы резания имеет небольшой перепад по сравнению с предыдущим максимумом и соответствует условиям резания, при котором  $Z_{01\min} \approx 2$ . Следующие минимумы суммарной силы резания соответствуют точкам  $Z_{02\min} \approx 3$ ,  $Z_{03\min} \approx 4$ ,  $Z_{04\min} \approx 6$ ,  $Z_{05\min} \approx 8$ ,  $Z_{06\min} \approx 9$ ,  $Z_{07\min} \approx 12$  и  $Z_{08\min} \approx 16$ .



Рис.5. Оцифрованные осциллограммы суммарной силы резания при точении конического образца из стали STAVAX: резец –Т15К6,  $V= 100,5$  м/мин,  $S_o = 0,2$ мм/об,  $t=0\dots3,2$ мм.  $a = 0,2$ мм

Анализ полученных результатов показал, что величины минимума суммарной силы резания от числа одновременно режущих ступеней многоступенчатого резца по сравнению с предыдущим максимумом имеют перепад в пределах 6...12% и соответствуют условиям резания, при которых число одновременно режущих лезвий многоступенчатого резца приблизительно кратно 2-ум или 3-ем. Это позволяет только за счет небольшого изменения числа одновременно режущих ступеней резца уменьшить суммарную силу резания до 12%. Следует отметить, что с увеличением глубины резания до 0,6 мм, сила резания при обработке обычным резцом увеличивается нелинейно, затем ее увеличение происходит пропорционально глубине резания. По мере достижения глубины резания 1,4 мм наблюдалось повышение интенсивности автоколебаний обрабатывающей системы, который при  $t=1,45$  мм резко усиливается и сопровождался свистом и обработку вынужденно прекращали. Процесс обработки многоступенчатым резцом продолжался до глубины резания 3,2 мм без заметных вибраций обрабатывающей системы. Таким образом, применение многоступенчатого резца в приведенных экспериментах позволило осуществить устойчивую обработку более чем двукратным увеличением глубины резания.

Для определения технологических возможностей резания ступенчатым резцом и выявления оптимального числа его ступеней рассчитан коэффициент снижения

суммарной силы по отношению к обычному процессу резания в виде отношения  $K = Pz2 / Pz1$  и построен график его зависимости от числа ступеней резца, который приведен на рис.7.

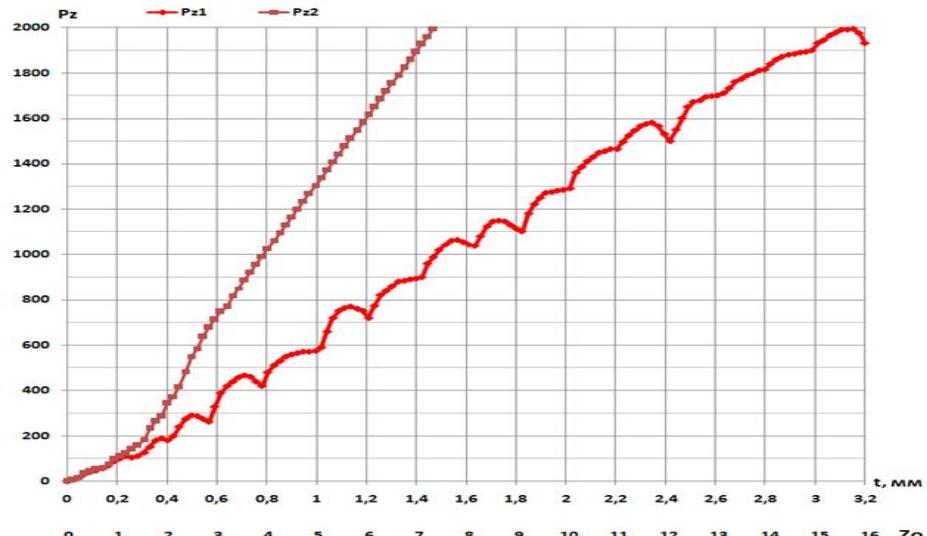


Рис.4.6. Зависимости суммарной силы от глубины резания и числа одновременно режущих ступеней резца при точении конического образца из стали STAVAX: резец – T15K6,  $V=100,5 \text{ м/мин}$ ,  $S_o = 0,2 \text{ мм/об}$ ,  $t=0 \dots 3,2 \text{ мм}$ .  $a = 0,2 \text{ мм}$ .  $Pz1$  - ступенчатый резец с шагом 0,2мм,  $Pz2$ -обычный резец.

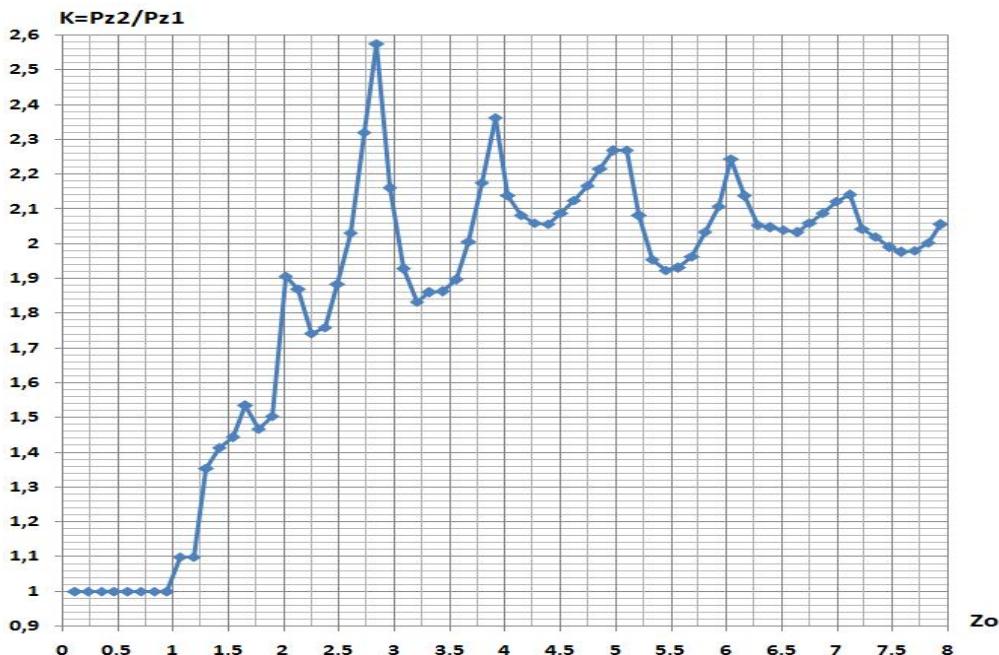


Рис.7. Зависимость коэффициента снижения силы резания ступенчатым режущим лезвием по сравнению с обычным резцом от числа одновременно режущих ступеней резца при точении конического образца из стали STAVAX: резец –T15K6,  $V=100,5 \text{ м/мин}$ ,  $S_o = 0,2 \text{ мм/об}$ ,  $t=0 \dots 3,2 \text{ мм}$ .  $a = 0,2 \text{ мм}$ .

Видно (рис.7), что во всех случаях резания многоступенчатым резцом суммарная сила резания его единичных лезвий оказывается значительно меньше силы

резания обычным резцом. Наибольшее снижение суммарной силы резания имеет место практически во всех случаях обработки целым числом одновременно режущих единичных лезвий резца.

### **Заключение**

На величину суммарной силы резания при обработке пластичных металлов **многоступенчатым резцом Кудинова-Суханова** существенное влияние оказывает зависимость силы резания его единичного лезвия от толщины срезаемого слоя. Если сила резания единичного лезвия в зависимости от толщины срезаемого слоя вначале нарастает с большим градиентом, величина суммарной силы резания **многоступенчатым резцом** оказывается значительно больше силы резания обычным резцом. При наличии линейной зависимости между силой резания единичного лезвия резца и глубиной срезаемого слоя, величина суммарной силы резания **многоступенчатым резцом** становится равной величине силы резания обычным резцом. Величину суммарной силы резания **многоступенчатым резцом** можно до двух и более раза уменьшить, если сила резания единичного лезвия в зависимости от толщины срезаемого слоя вначале нарастает с небольшим градиентом. В этом случае, коэффициент снижения суммарной силы резания **многоступенчатым резцом** в зависимости от числа его одновременно режущих лезвий носит экстремальный характер, максимумы которых соответствуют случаям резания с целым числом одновременно режущих лезвий многоступенчатого резца.

**Список литературы:** 1. Кудинов В.А., Суханов Э.С. Влияние формы режущей кромки резца на виброустойчивость станка. – Вестник машиностроения, 1961, N5. 2. Кудинов В.А. Динамика станков. – М: Машиностроение, 1967. - 359 с. 3. Баласанян Б.С., Григорян Г.Р., Гараян А., Баласанян А.Б. Об устойчивости процесса стружкообразования при резании пластичных материалов лезвийным инструментом. Машиностроение и техносфера XXI века //Сборник трудов XIV международной научно-технической конференции в г. Севастополе 17-22 сентября 2007 г. В 5-ти томах. – Донецк: ДонНТУ, 2007. Т. 3. с.77-81. 4. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. М.: Машгиз, 1956. - 368 с.

Сдано в редакцию 15.04.08

## **РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И РАСПРАВКИ СКЛАДОК ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА**

**Бахадиров Г.А., Таран Т.Е. (ИМСС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан)**

*It is considering process transportation, straighten and giving of shit material to the handling zone. Results of investigating are adduced with respect to developing transportation mechanism, straighten of fold and giving shit material to the handling zone and it is characterized their construction.*

Механические операции оказывают большое влияние на качество листовых материалов (готовая кожа, ткань и т.д.), их внешний вид и выход продукции по площади. К примеру, при правильном проведении механических операций (отжим, разводка) выход хромового кожевенного полуфабриката по площади может увеличиться на 6-8%.