

вимоги щодо похибок параметрів електроелементів цього комутатору.

Перспективним напрямом подальших наукових досліджень є математичне моделювання роботи, наприклад, датчиків кутової швидкості тощо з мостовими комутаторами ШІМ струму з метою зменшення інструментальних похибок.

#### **Література**

1. Пельпор Д.С., Никитин Е. А., Шестов С.А., Матвеев В.А. Гироскопические системы. Элементы гироскопических приборов. - М.: Высш. шк., 1988.- 432с.
2. Коновалов С.Ф., Никитин Е.А. Селиванова Л.М. Гироскопические системы. Проектирование гироскопических систем. В 3т. – М.: Высш. шк., Т3-1980. -128с.

Хазаноич Л.Б., Цирук В.Г., Янкелевич Г.Е.  
**Анализ инструментальных погрешностей  
мостового коммутатора широтно-  
импульсного модулятора тока**

Рассмотрены инструментальные погрешности электронного, прецизионного, мостового коммутатора со стабилизацией тока, который используется в широтно-импульсных модуляторах. Приведено выражение для оценки указанных погрешностей, дающее также возможность определить требования к погрешностям параметров электронных компонентов коммутатора

L.B. Hazanovich, V.G. Tciruk, G.Ye. Yankelevich.  
**Instrumental errors analysis of  
bridge switcher with current width-pulse  
modulator**

There are considered instrumental errors of electronic, precision bridge switcher with current stabilization, which is used in width-pulse modulators. There is made an expression for specified errors estimation, which is giving also a possibility to determine requirements parameter errors of electronic switcher's components.

*Надійшла до редакції  
28 лютого 2006 року*

## **ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

УДК 539

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЯХ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

*Усачев П.А., Национальный технический университет Украины «Киевский  
политехнический институт», г. Киев, Украина*

*В статье получены соотношения сил, действующих на рабочих поверхностях режущего инструмента*

#### **Введение. Постановка задачи**

Определение силы резания, то есть силы, которую необходимо приложить к режущему инструменту для снятия слоя материала с обрабатываемой поверхности расчетным методом явилось одной из первых задач, которую решает наука о резании материалов. Исследованием силы резания и изучением влияния на ее величину и направление различных параметров процесса металлообработки занимались: Н.Н. Зорев [1], М.И. Клушин [2], Т.Н. Лоладзе [3], А.Н. Бетанели [4], С.П. Выслоух [5] и другие ученые в нашей стране и за рубежом.

Анализ работ, посвященных механике процесса резания материалов, показывает, что в основном использовались величины составляющих силы резания и влияние на них параметров процесса обработки; механических характеристик обрабатываемого материала, режимов обработки, геометрии заточки рабочей части инструмента и т.д. При этом составляющие силы  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$  резания принимаются как сосредоточенные силы, которые приложены к одной или разным точкам рабочей части инструмента. Но при расчетах температурных полей зоны резания, деформаций в режущей части инструмента, величин износа рабочих поверхностей необходимы не сосредоточенные силы, а распределенные или удельные силы на рабочих поверхностях.

Целью данной работы является установление зависимостей между составляющими  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$  силы резания и удельными силами на рабочих поверхностях.

### **Распределение сил на рабочих поверхностях инструмента**

На рис. 1, а представлены силы, действующие на рабочую часть инструмента в условиях несвободного косоугольного резания. Режущий клин инструмента имеет передний угол  $\gamma$ , главный задний угол  $\alpha$ , вспомогательный задний угол  $\alpha_l$  и угол наклона режущей кромки  $\lambda$ . Со стороны срезаемого слоя на  $S_l$  площадку передней поверхности инструмента действует нормальная к ней сила  $N_i$ . При перемещении стружки по  $S_i$  площадке передней поверхности возникает сила трения  $F_i = \mu N_i$ , где  $\mu$  – средний коэффициент трения на передней поверхности. Так как режущий клин имеет угол наклона режущей кромки  $\lambda$  не равный нулю, то стружка отклоняется от нормали к режущей кромки, образуя с ней угол схода  $\eta$ , приблизительно равный углу  $\lambda$ . Поэтому сила трения  $F_i$  может быть разложена на нормальную к режущей кромке силу  $F_{iN}$  и силу  $F_{ik}$  направленную вдоль режущей кромки.

$$F_{iN} = F_i \cdot \cos \lambda, \quad F_{ik} = F_i \cdot \sin \lambda.$$

На контактную площадку  $S_j$  главной задней поверхности режущего клина действует со стороны поверхности резания сила  $N_{lj}$  упругого последствия, нормальная к поверхности резания. Она вызывает касательную к поверхности резания силу трения  $F_{lj} = \mu_1 \cdot N_{lj}$ , где  $\mu_1$  – средний коэффициент трения на задней поверхности. Направление силы  $F_{lj}$  совпадает с траекторией движения элементарных площадок обрабатываемой поверхности заготовки относительно главной задней поверхности режущего клина. Физическая природа сил  $N_{lj}$  и  $F_{lj}$  обуславливает их отличие от сил  $N_i$  и  $F_i$ , действующих на переднюю поверхность инструмента.

На контактную площадку  $S_k$  вспомогательной задней поверхности режущего клина действует со стороны обработанной поверхности сила  $N_{2k}$  упругого последствия, нормальная к вспомогательной задней поверхности. Сила  $N_{2k}$  вызывает касательную к обработанной поверхности силу трения  $F_{2k} = \mu_1 \cdot N_{2k}$ . Направление силы трения  $F_{2k}$  совпадает с траекторией движения элементарных площадок обработанной поверхности относительно вспомогательной задней поверхности режущего клина.

Нормальные силы  $N_l$ ,  $N_{lj}$ ,  $N_{2k}$  и силы трения  $F_i$ ,  $F_{lj}$ ,  $F_{2k}$ , действующие на передней и задних поверхностях рабочей части инструмента и зависящие от геометрии заточки клина, режимов резания, механических характеристик обраба-

тываемого материала и пр., определяют величину силы резания  $\bar{P}$  и положение ее в пространстве

$$\bar{P} = \bar{N} + \bar{F} + \bar{N}_1 + \bar{F}_1 + \bar{N}_2 + \bar{F}_2$$

где

$$N = \sum_1^n Ni$$

$$F = \sum_1^n Fi$$

$$N_1 = \sum_1^n N_{1j}$$

$$F_1 = \sum_1^n F_{1j}$$

$$N_2 = \sum_1^n N_{2k}$$

$$F_2 = \sum_1^n F_{2k}$$

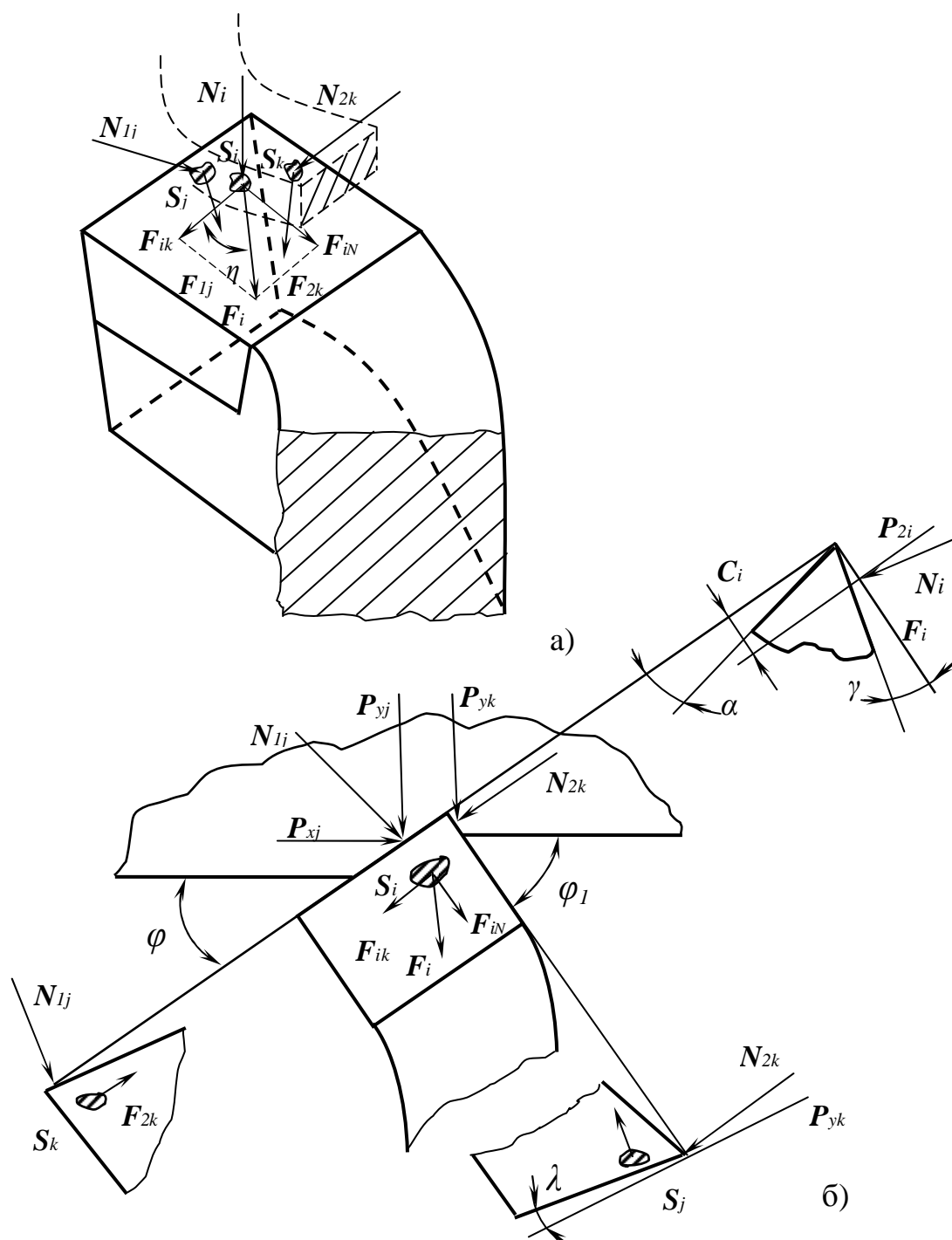


Рисунок 1 – Силы, действующие на рабочих поверхностях инструмента

### Взаимосвязи сил резания

На практике предпочитают использовать при расчетах не силу  $\bar{P}$ , а ее составляющие силы  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$ , положение которых в пространстве остается постоянным. Существует несколько методов расчетного и экспериментального определения сил  $P_z$ ,  $P_y$  и  $P_x$  [6]. Зная силы  $P_z$ ,  $P_y$  и  $P_x$ , которые могут быть измерены динамометром, можно определить величины сил  $N_i$ ,  $F_i$ ,  $N_{1j}$ ,  $F_{1j}$ ,  $N_{2k}$ ,  $F_{2k}$ , действующих на элементарные площадки передней и задних поверхностей.

На основании рис. 1б на элементарную  $S_i$  площадку передней поверхности действуют силы

$$N_i = P_{zi} \cdot \cos \gamma \qquad F_i = P_{zi} \cdot \sin \gamma$$

на элементарную площадку  $S_i$  главной задней поверхности – силы

$$N_{1j} = (P_{xj} \cdot \sin \varphi + P_{yj} \cdot \cos \varphi) \cdot \cos \alpha$$

$$F_{1j} = \sqrt{(P_{yj} \cdot \sin \varphi - P_{xj} \cdot \cos \varphi)^2 + (P_{yj} \cdot \cos \varphi + P_{xj} \cdot \sin \varphi)^2 \cdot \sin^2 \alpha}$$

и на элементарную площадку  $S_k$  вспомогательной задней поверхности – силы

$$N_{2k} = P_{yk} \cdot \cos \varphi_1 \cdot \sin \alpha_1$$

$$F_{2k} = \sqrt{(P_{yk} \cdot \sin \varphi_1)^2 + (P_{yk} \cdot \cos \varphi_1 \cdot \sin \alpha_1)^2} = P_{yk} \sqrt{(\sin \varphi)^2 + (\cos \varphi_1 \cdot \sin \alpha_1)^2}$$

Составляющие силы  $P_z$ ,  $P_y$ , и  $P_x$  резания могут быть в общем случае выражены через силы  $N$ ,  $F$ ,  $N_1$ ,  $F_1$ ,  $N_2$  и  $F_2$  следующим образом

$$P_z = N \cdot \cos \gamma \cdot \cos \lambda + F \cdot \sin \gamma \cdot \cos \lambda - N_1 \cdot \sin \alpha + F_1 \cdot \cos \alpha - N_2 \cdot \sin \alpha_1 + F_2 \cdot \cos \alpha_1 \quad (1)$$

$$P_y = -N \cdot \sin \gamma \cdot \cos \lambda \cdot \cos \varphi + F \cdot \cos \gamma \cdot \cos \lambda \cdot \cos \varphi + N_1 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \varphi + F_1 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \varphi + N_2 \cdot \cos \alpha_1 \cdot \cos \varphi_1 + F_2 \cdot \sin \alpha_1 \cdot \cos \varphi_1 \quad (2)$$

$$P_x = -N \cdot \sin \gamma \cdot \cos \lambda \cdot \sin \varphi + F \cdot \cos \gamma \cdot \cos \lambda \cdot \sin \varphi + N_1 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi + F_1 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \varphi - N_2 \cdot \cos \alpha_1 \cdot \sin \varphi_1 - F_2 \cdot \sin \alpha_1 \cdot \sin \varphi_1 \quad (3)$$

Таким образом, зная величины  $P_x$ ,  $P_y$  и  $P_z$  составляющих силы  $P$  резания, геометрию заточки режущего клина можно из выражений (1), (2) и (3) рассчитать нормальные силы  $N$ ,  $N_1$ ,  $N_2$  и силы трения  $F$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ , действующие на рабочие поверхности инструмента.

Распределение нормальных сил и сил трения на рабочих поверхностях инструмента получают исследованием контактных нагрузок.

### Выводы

Полученные соотношения сил позволяют получить общее представление об особенностях силовой нагрузки рабочей части инструмента в процессе материалобработки и решать в дальнейшем сложные задачи технологической подготовки производства в области обработки материалов резанием.

### Література

1. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. – М., Машгиз, 1956. – С.343.
2. Клушин М.И. Резание металлов. – М.: Машгиз, 1958. – С.314.
3. Лоладзе Т.Н. Износ режущего инструмента. – М.: Машгиз, 1958. – С.245.
4. Бетанели А.И. Хрупкая прочность режущей части инструмента. – Тбилиси, Грузинский политехнический институт, 1969. – С.250.

5. Остафьев В.А., Усачев П.А., Выслоух С.П. и др. Физические основы процесса резания металлов.– К.: Вища школа, 1976. – С.214.
6. Остафьев В.А., Усачев П.А., Выслоух С.П. Прочность и износостойкость режущего инструмента.– К.: Знание, 1978. – С.56.

Усачов П.А. Дослідження взаємозв'язків сил, які діють на робочих поверхнях різального інструмента У статті встановлено взаємозв'язок між складовими сил різання та питомими силами на робочих поверхнях різального інструмента.	Usachov P.A. Investigation of interconnections of forces, acting on working surfaces of cutting tools The article deals with the determination of the dependence between the components of cutting force and the specific forces on the working surfaces of cutting tools.
--	---

*Надійшло до редакції  
23 червня 2005 року*

УДК 621.3:537

## МОДЕЛЬ ЕНЕРГЕТИКИ ПРОЦЕСУ МЕТАЛООБРОБКИ

*<sup>1)</sup>Скицюк В.І., <sup>1)</sup>Клочко М.М., <sup>2)</sup>Цірук В.Г., <sup>1)</sup>Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, <sup>2)</sup>ВАТ Київський завод автоматики ім. Г.І.Петровського, м. Київ, Україна*

*В роботі йдеться про створення моделі енергетичних перетворень, що відбуваються у процесі механічної обробки металів, розглянутої на прикладі токарної обробки. Моделювання енергетики різання металів необхідне для подальшого прогнозування стану інструмента під час механообробки*

### Вступ

Незважаючи на досить потужний розвиток техніки контролю стану різального інструмента (РІ) [1, 2] залишається проблема контролю незамкненої технологічної системи ТОС. Подібна ситуація призводить до того, що навіть за найдосконаліших систем руху та контролю їх навантажень (в основному силових) не дає можливості спостереження за процесом обробки у повному обсязі. Тобто йдеться про те, що відбувається реєстрація кінцевого факту руйнування інструменту замість того, щоб його передбачити.

Тому задача цієї роботи полягає у тому, щоб створити теоретичні засади передбачення стану процесу металообробки, а саме: визначити критичні ситуації та можливість їх передбачення. Основний напрямок пропонованої роботи - це контроль стану РІ під час токарної обробки та прогнозування можливих надзвичайних ситуацій.

### Загальна постановка задачі

Якщо розглянути сучасні системи та конструкції приладів контролю стану токарної обробки, то є можливість помітити у їх засадах важливі вади, а саме:

- Велика частина систем контролю базується на невизначеності параметру