

Учреждение образования
«Барановичский государственный университет»

Вестник БарГУ

Ежеквартальный научно-практический журнал

Издаётся с марта 2013 г.

Выпуск 5, июнь, 2017.

Серия «Технические науки»

Учредитель: учреждение образования «Барановичский государственный университет».

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор журнала Кочурко Василий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Белорусской инженерной академии, академик Международной академии технического образования, академик Международной академии наук педагогического образования, академик Академии экономических наук Украины, Заслуженный работник образования Республики Беларусь, ректор учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Заместитель главного редактора журнала Никишова Алла Васильевна, кандидат филологических наук, доцент, проректор по научной работе учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

Главный редактор серии

Алифанов Александр Викторович, лауреат Государственной премии Республики Беларусь в области науки и техники, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры оборудования и автоматизации производства учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Ответственный секретарь серии

Горбач Юлия Евгеньевна, старший преподаватель кафедры экономики и организации производства инженерного факультета учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Редактор текстов на английском языке

Пинюта Ирина Вячеславовна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры профессиональной иноязычной подготовки учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Гавриленя Андрей Константинович (*ответственный за направление «Машиностроение и машиноведение»*), кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой общенаучных дисциплин инженерного факультета учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Дубень Игорь Викторович (*ответственный за направление «Процессы и машины агроинженерных систем»*), кандидат технических наук, доцент кафедры механизации и энергообеспечения производства инженерного факультета, декан факультета довузовской подготовки учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Анискович Геннадий Иосифович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и организации технического сервиса учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (Минск, Республика Беларусь).

Белый Алексей Владимирович, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе Государственного научного учреждения «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси» (Минск, Республика Беларусь).

Гордиенко Анатолий Илларионович, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, начальник Центра индукционных технологий Государственного научного учреждения «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси» (Минск, Республика Беларусь).

Девоино Олег Георгиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской инновационной лабораторией плазменных и лазерных технологий филиала Белорусского национального технического университета «Научно-исследовательская часть» (Минск, Республика Беларусь).

Добышев Анатолий Семёнович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры механизации животноводства и электрификации сельскохозяйственного производства учреждения образования «Белорусская государ-

ственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (Горки, Республика Беларусь).

Дремук Владимир Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры механизации и энергообеспечения производства учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Ивашко Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технической эксплуатации автомобилей Белорусского национального технического университета (Минск, Республика Беларусь).

Калугин Юрий Константинович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры машиноведения и технической эксплуатации автомобилей учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» (Гродно, Республика Беларусь).

Карташевич Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (Горки, Республика Беларусь).

Клочков Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры сельскохозяйственных машин учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (Горки, Республика Беларусь).

Клубович Владимир Владимирович, доктор технических наук, академик Национальной академии наук Беларуси, профессор, главный научный сотрудник Государственного научного учреждения «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси» (Минск, Республика Беларусь).

Ласковнѳ Александр Петрович, доктор технических наук, академик Национальной академии наук Беларуси, академик-секретарь отделения физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси (Минск, Республика Беларусь).

Нерода Михаил Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии машиностроения учреждения образования «Барановичский государственный университет» (Барановичи, Республика Беларусь).

Спиридонов Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии машиностроения Белорусского национального технического университета (Минск, Республика Беларусь).

Томило Вячеслав Анатольевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры деталей машин Белорусского национального технического университета (Минск, Республика Беларусь).

Шелег Валерий Константинович, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии машиностроения Белорусского национального технического университета (Минск, Республика Беларусь).

Адрес редакции:

ул. Войкова, 21, 225404 г. Барановичи.

Телефон: +375 (163) 45 46 28.

E-mail: vestnik@barsu.by.

Подписные индексы: 00993 — для индивидуальных подписчиков; 009932 — для организаций.

Свидетельство о регистрации средств массовой информации № 1533 от 30.07.2012, выданное Министерством информации Республики Беларусь.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 21 января 2015 г. № 16 научно-практический журнал «Вестник БарГУ» серия «Технические науки» включѳн в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам (машиностроение и машиноведение; процессы и машины агроинженерных систем).

Научно-практический журнал «Вестник БарГУ» включѳн в РИНЦ (Российский индекс научного цитирования), лицензионный договор № 06-1/2016.

Издатель: учреждение образования «Барановичский государственный университет».

Выходит на русском, белорусском и английском языках.

Журнал распространяется на территории Республики Беларусь.

Заведующий редакционно-издательским отделом С. А. Березнюк

Технический редактор А. Ю. Сидоренко

Компьютерная вѳстка С. М. Глушак

Корректор С. А. Березнюк

Подписано в печать 12.06.2017. Формат 60 × 84 ¹/₈. Бумага ксероксная. Печать цифровая. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 12,50. Уч.-изд. л. 7,60. Тираж 75 экз. Заказ 1325.

Цена свободная.

Полиграфическое исполнение: открытое акционерное общество «Красная звезда». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя и распространителя печатных изданий № 2/7 от 28.10.2013.

Юридический адрес: пер. 1-й Загородный, 3, 220073 Минск.

Почтовый адрес: ул. Советская, 80, 225409 Барановичи.

СОДЕРЖАНИЕ

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Акулович Л. М., Сергеев Л. Е., Дечко М. М., Сенчуров Е. В. Факторный анализ процесса магнитно-абразивной обработки по критериям качества обработанной поверхности	10
Алифанов А. В., Богданович И. А., Малеронок В. В. Исследование влияния магнитно-импульсной обработки поверхностного слоя стальных образцов на их физико-механические свойства	18
Алифанов А. В., Милюкова А. М., Бурносов Н. В., Толкачева О. А. Повышение прочностных характеристик порошковой титановой бронзы	25
Голубев В. С., Гуринович В. И., Романчук И. А. Лазерная поверхностная обработка материалов и пути повышения ее эффективности	31
Горчанин А. И., Милюкова А. М. Исследование ножей, упрочненных магнитно-импульсной обработкой, для резки сахарной свеклы	37
Грищенко Л. С., Иванова Н. П., Матыс В. Г., Ашуйко В. А. Ингибиторная защита горячеоцинкованной стали в хлоридсодержащих средах	43
Милюкова А. М., Горчанин А. И., Бурносов Н. В., Михлюк А. И. Определение режима магнитно-импульсного упрочнения дисков хлопкоочистительных машин	49
Попок Н. Н., Кузьмич Е. В., Черневич М. В. Сверление комбинированного металлостеклополимерного материала	56
Попок Н. Н., Кунцевич И. П., Хмельницкий Р. С., Анисимов В. С., Гвоздь Г. И. Изменение передних и задних углов лезвия фрезы при обработке сферических поверхностей детали	71
Русан С. И. Нетрадиционный метод силового анализа статически неопределимых систем с жестким объектом	78
Сиваченко Л. А., Сотник Л. Л. Анализ работы подшипниковых узлов эксцентрикового вала вибро-валкового измельчителя	87

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Клочков А. В., Ковалевский В. Ф. Результаты испытаний пружинно-пальцевых активаторов клавишного соломотряса зерноуборочного комбайна	93
---	----

УДК 621.91.01/02

Н. Н. Попок, И. П. Кунцевич, Р. С. Хмельницкий, В. С. Анисимов, Г. И. Гвоздь

Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», Министерство образования Республики Беларусь, ул. Блохина, 29, 211440 Новополоцк, Республика Беларусь, +375 (214) 59 18 85, rorcct@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЕ ПЕРЕДНИХ И ЗАДНИХ УГЛОВ ЛЕЗВИЯ ФРЕЗЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛИ

Анализируется положение режущего лезвия инструмента при обработке сферической поверхности детали в статической и кинематической системах координат, приведены формулы для расчета статических и кинематических переднего и заднего углов лезвия.

Ключевые слова: фрезерование сферических поверхностей; передний угол лезвия; задний угол лезвия; статическая система координат; кинематическая система координат

Рис. 8. Библиогр.: 3 назв.

N. N. Popok, I. P. Kuntsevich, R. S. Hmelnitskiy, V. S. Anisimov, G. I. Gvozdz

Polotsk State University, Ministry of Education of the Republic of Belarus, 29 Blokhin Str., 211440 Novopolotsk, Republic of Belarus, +375 (214) 59 18 85, rorcct@mail.ru

CHANGE OF THE FRONT AND REAR ANGLES OF THE CUTTER BLADE DURING PROCESSING OF THE DETAIL'S SPHERICAL SURFACES

The position of the cutting blade of the tool during processing of the detail's spherical surface in static and kinematic coordinate systems is analyzed; formulas for calculation of static and kinematic front and rear angles of the blade are given.

Key words: milling of spherical surfaces; front angle of the blade; rear angle of the blade; static coordinate system; kinematic coordinate system.

Fig. 8. Ref.: 3 titles.

Введение. Как известно [1], значения геометрических параметров режущих лезвий инструмента в процессе резания изменяются и отличаются от полученных значений при их заточке. Эти изменения зависят от положений как самих лезвий в пространстве, так и отсчетных плоскостей, используемых для определения углов лезвий.

Согласно [2] углы режущих лезвий рассматриваются в статической и кинематической системах координат. Для определения углов режущего лезвия вводятся следующие обозначения и термины: \vec{V}_1 — вектор скорости главного движения (вращение инструмента); \vec{V}_{2i} — вектор скорости подачи (вращение заготовки); \vec{V}_p — результирующий вектор скорости резания; \vec{n}_c и \vec{n}_k — вектор нормали, статической и кинематической соответственно; $\vec{\tau}_c$ и $\vec{\tau}_k$ — вектор касательной, статической и кинематической соответственно; $P_{п.с}$ и $P_{п.к}$ — плоскость резания, статическая и кинематическая соответственно; $P_{тс}$ и $P_{тк}$ — секущая плоскость, статическая и кинематическая соответственно; γ_c и γ_k — передний угол, статический и кинематический соответственно; α_c и α_k — задний угол, статический и кинематический соответственно.

Основная часть. Пусть инструмент с закругленной вершиной движется по сферической поверхности со скоростью \vec{V}_1 , которая направлена по касательной к окружности вращения инструмента (рисунок 1).

Рассмотрим проекцию инструмента на статическую секущую плоскость (рисунок 2).

В статической секущей плоскости показаны вектор скорости \vec{V}_1 , который расположен в плоскости $P_{п.с}$ и вектор нормали \vec{n}_c , который расположен в плоскости $P_{в.с}$. Угол, который образует передняя поверхность инструмента с нормальным вектором, есть угол γ_c — статический главный передний угол. Угол, который образует задняя поверхность инструмента с плоскостью $P_{п.с}$, а точнее, с прямой, лежащей в плоскости $P_{п.с}$ и содержащей вектор скорости \vec{V}_1 , есть угол α_c — статический главный задний угол.

Рассмотрим инструмент в кинематической системе координат (рисунок 3).

Пусть точка A_i — точка касания инструмента. К этой точке приложены вектор скорости \vec{V}_1 который направлен по касательной к окружности движения инструмента,

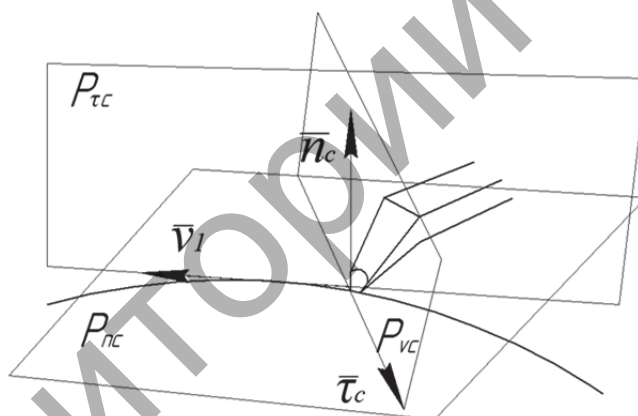


Рисунок 1. — Положение инструмента на сферической поверхности в статической системе координат

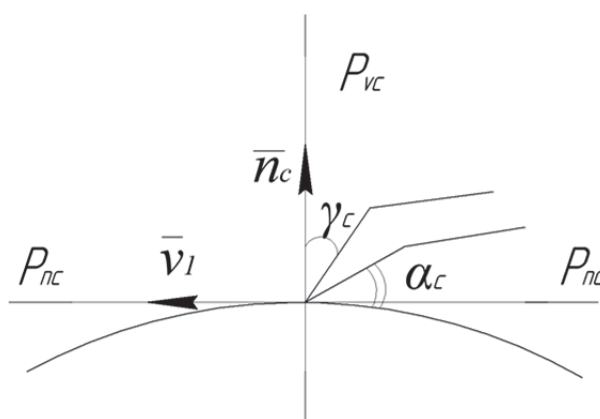


Рисунок 2. — Проекция инструмента на статическую секущую плоскость

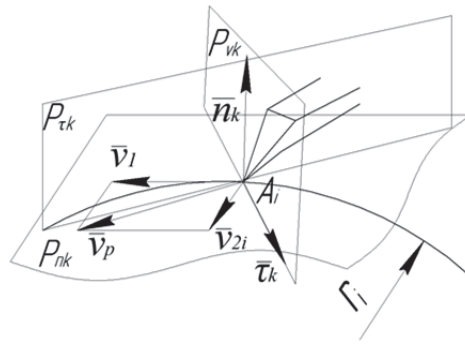


Рисунок 3. — Инструмент в кинематической системе координат

и вектор скорости \vec{V}_{2i} , который направлен по касательной к окружности радиуса r_i . Таким образом, векторы \vec{V}_1 и \vec{V}_{2i} лежат в одной плоскости $P_{п.к}$ — кинематической плоскости резания. Значит, в этой плоскости лежит и результирующий вектор скорости \vec{V}_p , который равен геометрической сумме векторов \vec{V}_1 и \vec{V}_{2i} , то есть $\vec{V}_{p1} = \vec{V}_1 + \vec{V}_{2i}$.

В точке касания A_i перпендикулярно плоскости $P_{п.к}$ строим вектор \vec{n}_k . Далее через вектор \vec{n}_k перпендикулярно результирующему вектору скорости \vec{V}_p строим плоскость P_{vk} — основная кинематическая плоскость. Через точку A_i перпендикулярно вектору скорости \vec{V}_p проводим вектор $\vec{\tau}_k$ — касательный вектор в плоскости резания, где $\vec{\tau}_k \perp \vec{V}_p$, $\vec{\tau}_k \perp \vec{n}_k$. Через векторы \vec{V}_p и \vec{n}_k перпендикулярно вектору $\vec{\tau}_k$ строим плоскость $P_{\tau k}$ — кинематическую секущую плоскость.

Сравним статическую и кинематическую системы координат (рисунки 1 и 3) $\vec{V}_1 \in P_{п.с}$ и $\vec{V}_1, \vec{V}_{2i}, \vec{V}_p \in P_{п.к}$. Обе плоскости $P_{п.с}$ и $P_{п.к}$ являются касательными к поверхности резания и проведенными через точку касания инструмента A_i , т.е. статическая и кинематическая плоскости резания совпадают: $P_{п.с} = P_{п.к}$

Следовательно, нормальные векторы \vec{n}_c и \vec{n}_k , проведенные перпендикулярно соответствующим плоскостям резания, будут лежать на одной прямой, т.е. $\vec{n}_c = \vec{n}_k$ или $\vec{n}_c \parallel \vec{n}_k$.

Поскольку плоскости P_{vc} и P_{vk} проходят через нормальные векторы \vec{n}_c и \vec{n}_k и перпендикулярны векторам скорости \vec{V}_1 и \vec{V}_p соответственно, то эти плоскости по отношению друг к другу будут образовывать угол, который образуют векторы скорости \vec{V}_1 и \vec{V}_p .

Пусть ε — угол, который образуют векторы скорости \vec{V}_1 и \vec{V}_p (рисунок 4).

Так как скорость \vec{V}_{2i} меняется со временем, то и результирующая скорость \vec{V}_p также будет меняться со временем. Значит, угол между векторами скорости \vec{V}_1 и \vec{V}_p есть функция от времени, то есть $\varepsilon = \varepsilon(t)$.

Далее рассмотрим углы лезвия инструмента в кинематической секущей плоскости (рисунок 4).

Учитывая, что векторы нормали параллельны $\vec{n}_c \parallel \vec{n}_k$ и проведены в одну точку касания A_i , то на рисунке 4 изобразим только вектор \vec{n}_k . На этом же рисунке изобразим прямую L_1 , на которой лежит вектор скорости \vec{V}_1 . Причем $L_1 \in P_{п.с}$ и $L_1 \in P_{п.к}$.

Угол, который образует передняя поверхность инструмента и вектор нормали \vec{n}_k , есть угол γ_k , то есть γ_k — кинематический передний угол.

Угол, который образует задняя поверхность инструмента с плоскостью $P_{п.к}$, а также с прямой, лежащей в плоскости $P_{п.к}$ и содержащей вектор скорости \vec{V}_p , есть угол α_k , т. е. α_k — кинематический главный задний угол.

Рассмотрим главные статические и кинематические углы в соответствующий плоскостях $P_{тс}$ и $P_{тк}$ (рисунок 5).

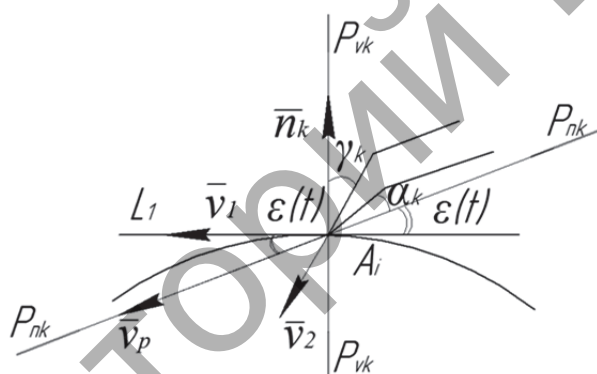


Рисунок 4. — Углы лезвия инструмента в кинематической секущей плоскости

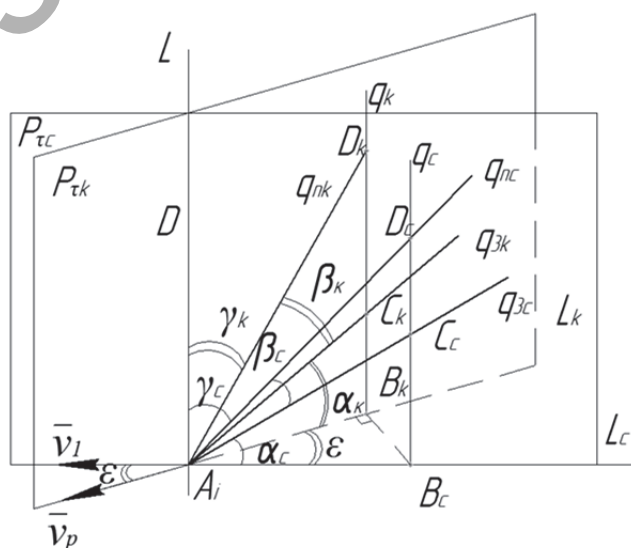


Рисунок 5 — Главные статические и кинематические углы лезвия инструмента

Из рисунка 5 следует, что: $\angle B_c A_l C_c = \alpha_c$; $\angle C_c A_l D_c = \beta_c$; $\angle D_c A_l D = \gamma_c$; $\angle B_k A_l C_k = \alpha_k$; $\angle C_k A_l D_k = \beta_k$; $\angle D_k A_l D = \gamma_k$; $\angle B_k A_l B_c = \varepsilon(t) = \varepsilon$.

Для определения расположения главных статических и кинематических углов с учетом движения инструмента по сферической поверхности рассмотрим рисунок 6.

На рисунке 5 изображены прямые $q_{п.с}$ и $q_{з.с}$ в плоскости $P_{тс}$, и прямые $q_{п.к}$ и $q_{з.к}$ в плоскости $P_{тк}$.

Предположим, что $\beta_k \approx \beta_c$, следовательно: $\gamma_k = \gamma_c + \sigma$.

Тогда $\alpha_k = 90^\circ - (\gamma_k + \beta_k)$; $\alpha_k = 90^\circ - (\gamma_c + \sigma + \beta_c) = 90^\circ - (\gamma_c + \beta_c) - \sigma$; $\alpha_k = \alpha_c - \sigma$.

Итак, $\gamma_k = \gamma_c + \sigma$; $\alpha_k = \alpha_c - \sigma$, где σ — добавочный угол.

Установлена зависимость угла σ от статического переднего угла γ_c и угла ε в следующем виде: $\arctg(\cos \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \gamma_c) - \gamma_c < \sigma < \arctg\left(\frac{\operatorname{tg} \gamma_c}{\cos \varepsilon}\right) - \gamma_c$, где $\varepsilon = \varepsilon(t)$, причем $0 \leq \varepsilon(t) \leq \varepsilon_{\max}$ [3].

Если $\gamma_c > 0$, то угол σ имеет следующую оценку:

$$\arctg(\cos \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \gamma_c) - \gamma_c < \sigma < \arctg\left(\frac{\operatorname{tg} \gamma_c}{\cos \varepsilon}\right) - \gamma_c \quad (1)$$

где $\varepsilon = \varepsilon(t)$ — функция времени, причем $0 \leq \varepsilon(t) \leq \varepsilon_{\max}$.

После установления зависимости $\varepsilon = \varepsilon(t)$ формула (1) может уточняться.

Если $\varepsilon(t) = 0$, то $\cos \varepsilon = 1$, следовательно, $\sigma = 0$.

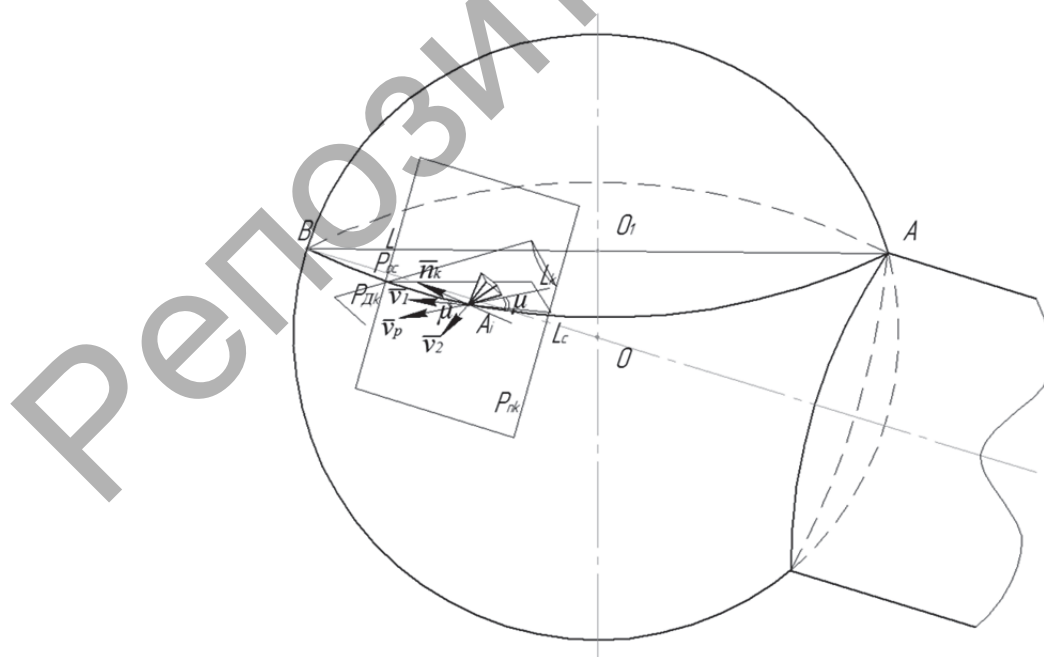


Рисунок 6. — Главные статические и кинематические углы лезвия инструмента на сферической поверхности с учётом движения инструмента и заготовки

Если $\gamma_c < 0$, то угол σ будет иметь следующую оценку:

$$\arctg\left(\frac{\text{tg}J_c}{\cos\varepsilon}\right) - \gamma_c < \sigma < \arctg(\cos\varepsilon \cdot \text{tg}\gamma_c) - \gamma_c. \quad (2)$$

Для установления зависимости $\varepsilon = \varepsilon(t)$ рассмотрим рисунок 7.

Пусть $\varepsilon = \varepsilon(t)$ — угол, который образуют векторы \vec{V}_1 и \vec{V}_p , $\mu = \mu(t)$ — угол, который образуют вектор \vec{V}_{2i} и ось $O_i Y_i$ на плоскости $P_{n.k}$ (рисунки 7 и 8).

Зависимости $\cos\varepsilon(t)$ и $\sin\mu(t)$ получены в следующем виде:

$$\cos\varepsilon(t) = \frac{V_1 + V_{2i} \cdot \sin\mu}{\sqrt{V_1^2 + V_{2i}^2 + 2 \cdot V_1 V_{2i} \cdot \sin\mu}}, \quad \sin\mu(t) = \frac{\sqrt{c^2 \cdot \cos^2\beta - (\sin^2\varphi \cdot \cos\beta - b \cdot \cos\varphi)^2}}{c \cdot \cos\beta}$$

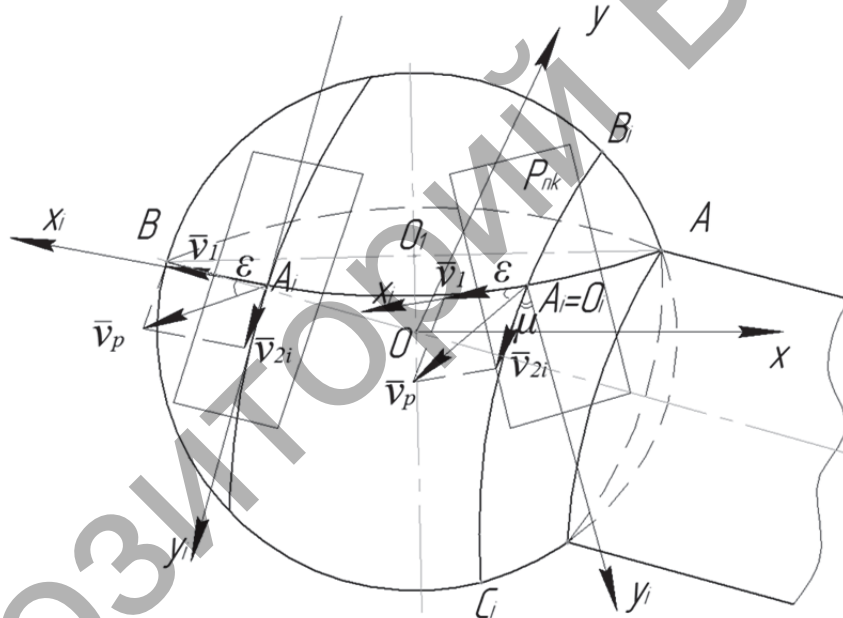


Рисунок 7. — Углы $\varepsilon(t)$ и $\mu(t)$ в плоскости $P_{n.k}$ на сфере

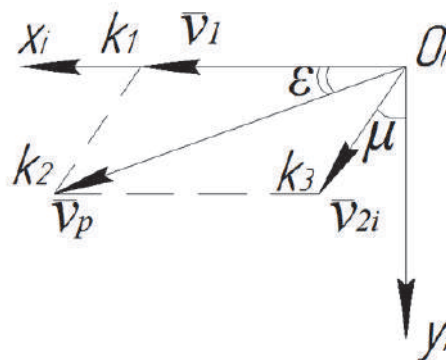


Рисунок 8. — Углы $\varepsilon(t)$ и $\mu(t)$ в плоскости $P_{n.k}$

где \vec{V}_1 — скорость вращения инструмента;

\vec{V}_{2i} — скорость вращения заготовки;

β — угол наклона оси вращения заготовки, определяемый по формуле

$$\beta = \arccos \sqrt{H/D_{\text{сф}}},$$

где H — высота заготовки;

$D_{\text{сф}}$ — диаметр сферы.

– угол $\varphi = \varphi(t) = 2 \cdot \pi \cdot n_1 \cdot t$, где n_1 — частота вращения инструмента;

– коэффициент $b = \frac{2 \cos^2(\beta + \delta) - \cos^2 \beta (1 - \cos \varphi)}{\cos \beta}$;

– коэффициент $C = \sqrt{\sin^4 \varphi + b^2 (\operatorname{tg}^2 \beta + \cos^2 \varphi) + \sin^2 \beta \cdot \sin^2 \varphi (1 + \cos \varphi)^2 + 2b \cdot \sin^2 \varphi (\operatorname{tg} \beta \cdot \sin \beta - \cos \varphi \cdot \cos \beta)}$;

– угол $\delta = \delta(t) = (\pi - 2\beta)n_1 t$.

Результирующая скорость резания находится по следующей формуле:

$$\vec{V}_p = \sqrt{V_1^2 + V_{2i}^2 + 2 \cdot V_1 \cdot V_{2i} \cdot \sin \mu}.$$

Заключение. Проведенный анализ положения режущего лезвия инструмента в статической и кинематической системах координат позволил получить формулы для расчета переднего и заднего кинематических и статических углов.

Определен алгоритм (последовательность) расчета: 1) задание значений углов в статике γ_c и α_c ; 2) определение угла μ между вектором скорости вращения заготовки V_{2i} и осью $O_i Y_i$ плоскости резания $P_{\text{п.к}}$; 3) определение угла наклона оси вращения заготовки β ; 4) расчёт коэффициентов b и c ; 5) определение углов φ и δ ; 6) определение угла ε между вектором скорости вращения инструмента \vec{V}_1 и результирующим вектором скорости резания V_p в плоскости резания $P_{\text{п.к}}$; 7) определение граничных значений σ ; 8) расчет кинематических переднего γ_k и заднего α_k углов лезвия.

Формулы и алгоритм расчета позволяют в автоматизированном режиме получать точные значения углов с учетом движений инструмента и заготовки при проектировании оптимальной обработки сферических поверхностей деталей.

Список использованных источников

1. Попок, Н. Н. Теория резания / Н. Н. Попок. — Новополоцк : ПГУ, 2006. — 228 с.
2. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий : ГОСТ 25762-83. — М. : Госстандарт, 1983. — 41 с.
3. Попок, Н. Н. Расчет изменения геометрических параметров инструментов в процессе механической обработки сферических поверхностей деталей / Н. Н. Попок, И. П. Кунцевич, Р. С. Хмельницкий // Наука — образованию, производству, экономике : материалы 13-й Междунар. науч.-техн. конф. (68-й науч.-техн. конф. профессорско-преподават. состава, науч. работников, докторантов и аспирантов БНТУ) : в 4 т. — Минск : БНТУ, 2015. — Т. 3. — С. 393.

Поступила в редакцию 10.04.2017