УДК 621.9: 658.5

Э.С. Христафорян, д-р техн. наук, проф.**, А.Л. Аршакян,**
С.Ш. Христафорян, д-р техн. наук, проф.
ГИУА, г.Ереван, РА

ВОПРОСЫ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛОВ РЕЖУЩЕГО КЛИНА ПРИ РАСТАЧИВАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КРУТИЛЬНО-ОСЕВЫХ УЗК

В работе изучена работа режущего клина при растачивании с применением крутильно-осевых УЗК. Было показано, что принудительные ультразвуковые вибрации режущего клина, а также его расположение по отношению к оси заготовки и вибрация различной природы, очевидно, влияют на производительность режущего клина. Полученные формулы учитывают эти изменения.
Ключевые слова: *углы, режущий клин, колебания, режимы резания.*

Применение способа резания с принудительными ультразвуковыми колебаниями (УЗК) в различных технологических процессах доказала высокую, проявляющуюся в различных формах, эффективность способа. Однако, в отличии от точения, этот способ при растачивании, практически, не рассмотрен, несмотря на то, что способ широко применяется при развертывании отверстий, нарезании внутренней резьбы, сверлении и др. процессах, в первую очередь, при обработке труднообрабатываемых материалов. Кроме констатации высокой эффективности применения УЗК в этих процессах обработки необходимо провести и соответствующие теоретические исследования, которые помогут в деле поиска решений для оптимизации этих технологических процессов. Рассмотрим особенности кинематики растачивания с наложением крутильно-осевых УЗК на режущий клин с позиций изменения рабочих углов клина. Предпосылки те же, что и при отдельных осевых или крутильных УЗК [1,2]. Некоторые зависимости будут равноценными с соответствующими для крутильных или осевых колебаний, так как крутильно-осевые УЗК, по своей сущности, представятся как совмещение или комбинация крутильных и осевых УЗК.

Обозначим скорость колебательных движений соответственно крутильным и осевым составляющим через V^{1k} и V^{2k} и их проекции, а ω_1, ω_2 круговые частоты УЗК этих составляющих. В случае, когда УЗК осевого направления и крутильные подводятся одним преобразователем, то частота ω_2 и ω_1 будут равны. Однако акустические системы позволяют обеспечить и различные частоты.

Для рассматриваемого случая можно записать

$$V^b = 2\pi\rho n\ [мм/мин];\quad V^S = nS\ [мм/мин] \qquad (1,2)$$

$$V^{1k} = (1/60)\tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t_{[мм/мин]};\quad V^{2k} = 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t[мм/мин] \qquad (3,4)$$

где $\rho -$ радиус-вектор обрабатываемой поверхности [мм], *n*–число оборотов детали $[об/мин]$, *S*- подача режущего клина, $\rho_k -$ радиус-вектор колебательного движения, $\tau_a -$ амплитуда УЗК режущего клина $[рад]$, $\omega -$ круговая частота УЗК $[c^{-1}]$,

Для облегчения восприятия и представления в планах скоростей не представлены линии построений и не учтены реальные масштабы проекций скоростей.

Используя диапазоны изменения рабочих углов имеем:

$$\gamma_p = \gamma_c + \sigma_N;\quad \alpha_p^N = \alpha_c - \sigma_N;\quad tg\alpha_p = tg(\alpha_c - \sigma_N)cos\lambda_p;\quad tg\lambda_p = V_T/V_N,$$

а зависимость (4) [1] останется неизменной.

Рассмотрим тот случай, когда режущий клин расположен выше оси вращения детали на h_y и имеет углы заточки $\gamma_c, \alpha_c, \lambda > 0$, ось вращательных колебаний O_1 смещен относительно оси вращения детали на e_z и e_y (рис. 1).

$$\varepsilon_{11} = arcsin\, h/\rho = arcsin\left(h_y + l \cdot sin\lambda\right)/\rho \quad (5)$$

$$\mu_{11} = arctg\frac{h - e_z}{\rho cos\varepsilon_{11} - e_y}; \quad (6) \qquad \rho_k = \frac{\rho cos\varepsilon_{11} - e_y}{cos\mu_{11}} \quad (7)$$

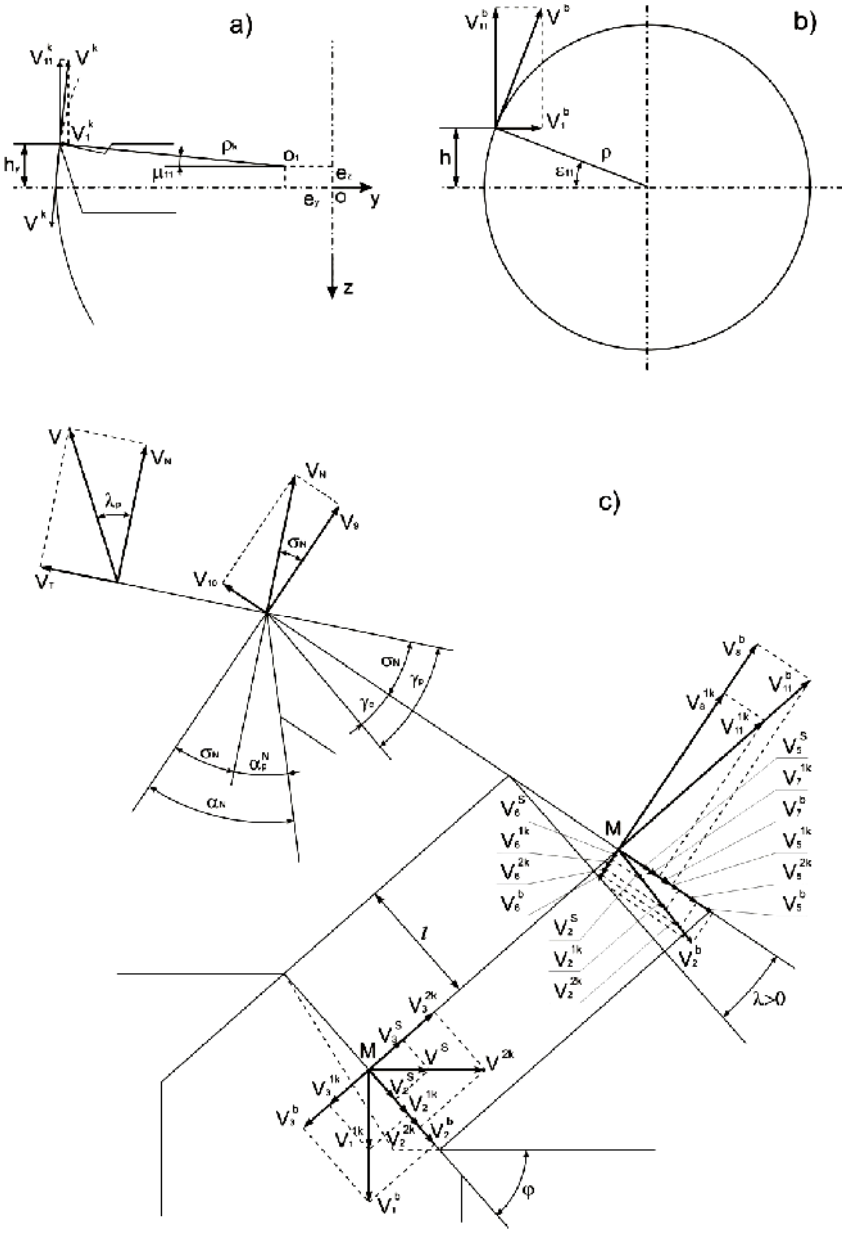

Рис. 1. План скоростей

$$\left.\begin{array}{c} V_{11}^{b}=V^{b}\cdot cos\varepsilon_{11} \\ V_{1}^{b}=V^{b}\cdot sin\varepsilon_{11} \\ V_{2}^{b}=V_{1}^{b}sin\varphi=V^{b}\cdot sin\varepsilon_{11}\cdot sin\varphi \\ V_{3}^{b}=V_{1}^{b}\cdot cos\varphi=V^{b}\cdot sin\varepsilon_{11}\cdot cos\varphi \\ V_{5}^{b}=V_{2}^{b}\cdot cos\lambda=V^{b}\cdot sin\varepsilon_{11}\cdot sin\varphi\cdot cos\lambda \\ V_{6}^{b}=V_{2}^{b}\cdot sin\lambda=V^{b}\cdot sin\varepsilon_{11}\cdot sin\varphi\cdot sin\lambda \\ V_{7}^{b}=V_{11}^{b}\cdot sin\lambda=V^{b}\cdot cos\varepsilon_{11}\cdot sin\lambda \\ V_{8}^{b}=V_{11}^{b}\cdot cos\lambda=V^{b}\cdot cos\varepsilon_{11}\cdot cos\lambda \end{array}\right\} \quad (8)$$

$$\left.\begin{array}{c} V_{11}^{1k}=V^{1k}\cdot cos(\mu_{11}+\tau) \\ V_{1}^{1k}=V^{1k}\cdot sin(\mu_{11}+\tau) \\ V_{2}^{1k}=V_{1}^{1k}sin\varphi=V^{1k}\cdot sin(\mu_{11}+\tau)\cdot sin\varphi \\ V_{3}^{1k}=V_{1}^{1k}\cdot cos\varphi=V^{1k}\cdot sin(\mu_{11}+\tau)\cdot cos\varphi \\ V_{5}^{1k}=V_{2}^{1k}\cdot cos\lambda=V^{1k}\cdot sin(\mu_{11}+\tau)\cdot sin\varphi\cdot cos\lambda \\ V_{6}^{1k}=V_{2}^{1k}\cdot sin\lambda=V^{1k}\cdot sin(\mu_{11}+\tau)\cdot sin\varphi\cdot sin\lambda \\ V_{7}^{1k}=V_{11}^{1k}\cdot sin\lambda=V^{1k}\cdot cos(\mu_{11}+\tau)\cdot sin\lambda \\ V_{8}^{1k}=V_{11}^{1k}\cdot cos\lambda=V^{1k}\cdot cos(\mu_{11}+\tau)\cdot cos\lambda \end{array}\right\} \quad (9)$$

$$\left.\begin{array}{c} V_{2}^{2k}=V^{2k}\cdot cos\varphi \\ V_{3}^{2k}=V^{2k}\cdot sin\varphi \\ V_{4}^{2k}=V_{2}^{2k}\cdot sin\lambda=V^{2k}\cdot cos\varphi\cdot sin\lambda \\ V_{5}^{2k}=V_{2}^{2k}\cdot cos\lambda=V^{2k}\cdot cos\varphi\cdot cos\lambda \end{array}\right\} \quad (10)$$

$$\left.\begin{array}{c} V_{2}^{S}=V^{S}cos\varphi \\ V_{3}^{S}=V^{S}sin\varphi \\ V_{5}^{S}=V_{2}^{S}cos\lambda=V^{S}cos\varphi\cdot cos\lambda \\ V_{6}^{S}=V_{2}^{S}sin\lambda=V^{S}cos\varphi\cdot sin\lambda \end{array}\right\} \quad (11)$$

В этом случае V_9, V_{10}, V_T, V_N будут

$$\left.\begin{array}{c} V_{9}=V_{8}^{b}+V_{8}^{1k}-V_{6}^{S}-V_{6}^{1k}-V_{6}^{2k}-V_{6}^{b} \\ V_{10}=V_{3}^{2k}-V_{3}^{1k}+V_{3}^{S}-V_{3}^{b} \\ V_{T}=V_{7}^{1k}+V_{7}^{b}+V_{5}^{S}+V_{5}^{1k}+V_{5}^{2k}+V_{5}^{b} \\ V_{N}=V_{10}/sin\sigma_{n} \end{array}\right\} \quad (12)$$

Подставляя (1)-(4), (8)-(11) в (12) получим

$$V_{9}=$$

$$V^{b}cos\varepsilon_{11}cos\lambda+V^{1k}cos(\mu_{11}+\tau)cos\lambda-V^{b}sin\varepsilon_{11}sin\varphi sin\lambda-V^{1k}sin(\mu_{11}+\tau)\cdot sin\varphi\cdot sin\lambda-V^{2k}\cdot cos\varphi\cdot sin$$

$$\lambda - V^{S}\cdot cos\varphi\cdot sin\lambda=$$

$$[2\pi\rho ncos\varepsilon_{11}+\tau_{a}\omega_{1}\rho_{k}cos\omega_{1}tcos(\mu_{11}+\tau)/60]\cdot cos\lambda-[2\pi\rho nsin\varepsilon_{11}+\tau_{a}\omega_{1}\rho_{k}cos\omega_{1}t\cdot sin(\mu_{11}+\tau)/60]sin\varphi sin\lambda-(Sn+0{,}06A\omega_{2}cos\omega_{2}t)cos\varphi sin\lambda \quad (13)$$

$$V_{10}=V^{2k}\cdot sin\varphi+V^{S}\cdot sin\varphi-V^{1k}sin(\mu_{11}+\tau)\cdot cos\varphi-V^{b}\cdot sin\varepsilon_{11}\cdot cos\varphi=$$
$$(Sn+0{,}06A\omega_{2}cos\omega_{2}t)sin\varphi-[2\pi\rho nsin\varepsilon_{11}+\tau_{a}\omega_{1}\rho_{k}cos\omega_{1}tsin(\mu_{11}+\tau)/60]cos\varphi \quad (14)$$

$$ctg\sigma_{N}=$$

$$=\frac{[2\pi\cdot\rho\cdot n\cdot cos\varepsilon_{11}+\tau_{a}\cdot\omega_{1}\cdot\rho_{k}\cdot cos\omega_{1}t\cdot cos(\mu_{11}+\tau)/60]\cdot cos\lambda}{(Sn+0{,}06A\omega_{2}cos\omega_{2}t)sin\varphi-[2\pi\rho nsin\varepsilon_{11}+\tau_{a}\omega_{1}\rho_{k}cos\omega_{1}tsin(\mu_{11}+\tau)/60]cos\varphi}$$
$$-\frac{[2\pi\cdot\rho\cdot n\cdot sin\varepsilon_{11}+\tau_{a}\cdot\omega_{1}\cdot\rho_{k}\cdot cos\omega_{1}t\cdot sin(\mu_{11}+\tau)/60]sin\varphi\cdot sin\lambda}{(Sn+0{,}06A\omega_{2}cos\omega_{2}t)sin\varphi-[2\pi\rho nsin\varepsilon_{11}+\tau_{a}\omega_{1}\rho_{k}cos\omega_{1}t\cdot sin(\mu_{11}+\tau)/60]cos\varphi}$$
$$-\frac{(Sn+0{,}06A\omega_{2}cos\omega_{2}t)cos\varphi\cdot sin\lambda}{(Sn+0{,}06A\omega_{2}cos\omega_{2}t)sin\varphi-[2\pi\rho nsin\varepsilon_{11}+\tau_{a}\omega_{1}\rho_{k}cos\omega_{1}tsin(\mu_{11}+\tau)/60]cos\varphi} \quad (15)$$

$$V_N = \frac{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi - [2\pi\rho n sin\varepsilon_{11} + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{11} + \tau)/60]cos\varphi}{sin\sigma_N} \quad (16)$$

$$V_T = V^{1k}cos(\mu_{11} + \tau) \cdot sin\lambda + V^b \cdot cos\varepsilon_{11} \cdot sin\lambda + V^S \cdot cos\varphi \cdot cos\lambda + V^{1k}sin(\mu_{11} + \tau) \cdot sin\varphi \cdot cos\lambda + V^{2k} \cdot cos\varphi \cdot cos\lambda + V^b \cdot sin\varepsilon_{11} \cdot sin\varphi \cdot cos\lambda = (Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)cos\varphi \cdot cos\lambda + +[2\pi\rho n cos\varepsilon_{11} + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t cos(\mu_{11} + \tau)/60] \cdot sin\lambda + [2\pi\rho n sin\varepsilon_{11} + + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{11} + \tau)/60]sin\varphi cos\lambda \quad (17)$$

Учитывая (16) и (17) расчитаем $tg\lambda_p$, который будет равен

$$\frac{[2\pi\rho \cdot n \cdot sin\varepsilon_{11} + \tau_a \cdot \omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot sin(\mu_{11} + \tau)/60]sin\varphi \cdot cos\lambda \cdot sin\sigma_n}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi - [2\pi\rho n sin\varepsilon_{11} + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{11} + \tau)/60]cos\varphi} + \frac{[2\pi\rho n cos\varepsilon_{11} + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t cos(\mu_{11} + \tau)/60] \cdot sin\lambda \cdot sin\sigma_n}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi - [2\pi\rho n sin\varepsilon_{11} + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{11} + \tau)/60]cos\varphi} + \frac{(S \cdot n + 0{,}06A\omega cos\omega t)cos\varphi \cdot cos\lambda \cdot sin\sigma_n}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi - [2\pi\rho n sin\varepsilon_{11} + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{11} + \tau)/60]cos\varphi} \quad (18)$$

Рассмотрим случай, когда ось круговой составляющей колебаний находится в остальных червертях поперечного сечения (рис.2.). Отметим, что в расмотренной в [3] ситуации данная схема отличается только наличием осевой составляющей. Но действие осевой составляющей на рабочие углы режущего клина не зависит от положения оси колебательных движений, т.е. изменение влияния на рабочие углы режущего клина колебательных движений, представленной на схеме (рис. 1а), будет иметь место при переходе к схеме на рис. 3 [3] за счет изменения вектора составляющей крутильных колебаний. Поэтому все заключения по сравнению со схемами, представленными на рис. 1а и рис. 3[1], применительны и для данного случая.

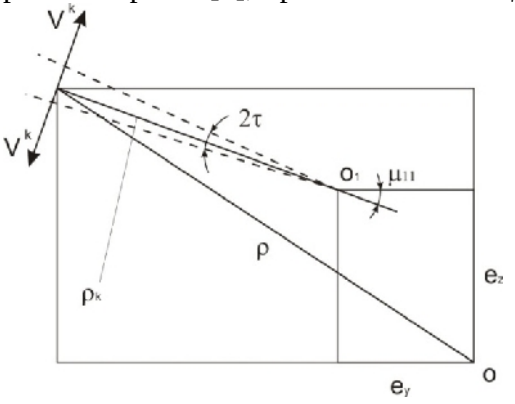

Схема определения ρ_k, μ_{11}, τ

Радиус-вектор колебательного движения ρ_k, угол отклонения от горизональной плоскости μ_{11} и угол отклонения от УЗК τ, будут

$$\rho_k = \left(\rho \cdot cos\varepsilon_{11} - e_y\right)/cos\,\mu_{11}$$

$$\mu_{11} = arctg\left[(h - e_z)/\left(\rho \cdot cos\varepsilon_{11} - e_y\right)\right]$$

$$tg\tau = a/\rho_k = Asin\omega t/\rho_k \Rightarrow \Rightarrow \tau = arctg(Asin\omega t/\,\rho_k)$$

Сейчас рассмотрим случай, когда режущий клин имеющий угол λ установлен относительно оси вращения детали ниже на h_y (рис. 2).

$$\varepsilon_{21} = arcsin\,h/\rho = arcsin\left(h_y - l \cdot sin\lambda\right)/\rho \quad (19)$$

$$\left.\begin{array}{c} V_{11}^{b}=V^{b}\cdot cos\varepsilon_{21} \\ V_{1}^{b}=V^{b}\cdot sin\varepsilon_{21} \\ V_{2}^{b}=V_{1}^{b}sin\varphi=V^{b}\cdot sin\varepsilon_{21}\cdot sin\varphi \\ V_{3}^{b}=V_{1}^{b}\cdot cos\varphi=V^{b}\cdot sin\varepsilon_{21}\cdot cos\varphi \\ V_{5}^{b}=V_{2}^{b}\cdot cos\lambda=V^{b}\cdot sin\varepsilon_{21}\cdot sin\varphi\cdot cos\lambda \\ V_{6}^{b}=V_{2}^{b}\cdot sin\lambda=V^{b}\cdot sin\varepsilon_{21}\cdot sin\varphi\cdot sin\lambda \\ V_{7}^{b}=V_{11}^{b}\cdot sin\lambda=V^{b}\cdot cos\varepsilon_{21}\cdot sin\lambda \\ V_{8}^{b}=V_{11}^{b}\cdot cos\lambda=V^{b}\cdot cos\varepsilon_{21}\cdot cos\lambda \end{array}\right\} \quad (20)$$

$$\left.\begin{array}{c} V_{11}^{1k}=V^{1k}\cdot cos(\mu_{21}+\tau) \\ V_{1}^{1k}=V^{1k}\cdot sin(\mu_{21}+\tau) \\ V_{2}^{1k}=V_{1}^{1k}sin\varphi=V^{1k}\cdot sin(\mu_{21}+\tau)\cdot sin\varphi \\ V_{3}^{1k}=V_{1}^{1k}\cdot cos\varphi=V^{1k}\cdot sin(\mu_{21}+\tau)\cdot cos\varphi \\ V_{5}^{1k}=V_{2}^{1k}\cdot cos\lambda=V^{1k}\cdot sin(\mu_{21}+\tau)\cdot sin\varphi\cdot cos\lambda \\ V_{6}^{1k}=V_{2}^{1k}\cdot sin\lambda=V^{1k}\cdot sin(\mu_{21}+\tau)\cdot sin\varphi\cdot sin\lambda \\ V_{7}^{1k}=V_{11}^{1k}\cdot sin\lambda=V^{1k}\cdot cos(\mu_{21}+\tau)\cdot sin\lambda \\ V_{8}^{1k}=V_{11}^{1k}\cdot cos\lambda=V^{1k}\cdot cos(\mu_{21}+\tau)\cdot cos\lambda \end{array}\right\} \quad (21)$$

$$\left.\begin{array}{c} V_{2}^{2k}=V^{2k}\cdot cos\varphi \\ V_{3}^{2k}=V^{2k}\cdot sin\varphi \\ V_{4}^{2k}=V_{2}^{2k}\cdot sin\lambda=V^{2k}\cdot cos\varphi\cdot sin\lambda \\ V_{5}^{2k}=V_{2}^{2k}\cdot cos\lambda=V^{2k}\cdot cos\varphi\cdot cos\lambda \end{array}\right\} \quad (22)$$

$$\left.\begin{array}{c} V_{2}^{S}=V^{S}cos\varphi \\ V_{3}^{S}=V^{S}sin\varphi \\ V_{5}^{S}=V_{2}^{S}cos\lambda=V^{S}cos\varphi\cdot cos\lambda \\ V_{6}^{S}=V_{2}^{S}sin\lambda=V^{S}cos\varphi\cdot sin\lambda \end{array}\right\} \quad (23)$$

В этом случае V_9, V_{10}, V_T, V_N будут

$$\left.\begin{array}{c} V_{9}=V_{8}^{b}+V_{8}^{1k}-V_{6}^{S}+V_{6}^{1k}-V_{6}^{2k}+V_{6}^{b} \\ V_{10}=V_{3}^{2k}+V_{3}^{1k}+V_{3}^{S}+V_{3}^{b} \\ V_{T}=V_{7}^{1k}+V_{7}^{b}+V_{5}^{S}-V_{5}^{1k}+V_{5}^{2k}-V_{5}^{b} \\ V_{N}=V_{10}/sin\sigma_{n} \end{array}\right\} \quad (24)$$

Подставляя (4.20)-(4.23) в (4.24) получим

$$V_9=V^{b}\cdot cos\varepsilon_{21}\cdot cos\lambda+V^{1k}cos(\mu_{21}+\tau)\cdot cos\lambda+V^{b}\cdot sin\varepsilon_{21}\cdot sin\varphi\cdot sin\lambda+$$
$$+V^{1k}sin(\mu_{21}+\tau)\cdot sin\varphi\cdot sin\lambda-V^{2k}\cdot cos\varphi\cdot sin\lambda-V^{S}\cdot cos\varphi\cdot sin\lambda=$$
$$=[2\pi\rho ncos\varepsilon_{21}+\tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t cos(\mu_{21}+\tau)/60]cos\lambda+[2\pi\rho nsin\varepsilon_{21}+\tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t\cdot$$
$$sin(\mu_{21}+\tau)/60]sin\varphi sin\lambda-(S\cdot n+0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)cos\varphi sin\lambda \quad (25)$$

$$V_{10}=V^{2k}\cdot sin\varphi+V^{S}\cdot sin\varphi+V^{1k}sin(\mu_{21}+\tau)\cdot cos\varphi+V^{b}\cdot sin\varepsilon_{21}\cdot cos\varphi=$$
$$(Sn+0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi+[2\pi\rho nsin\varepsilon_{21}+\tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{21}+\tau)/60]cos\varphi \quad (26)$$

$$ctg\sigma_N=\frac{[2\pi\cdot\rho\cdot n\cdot cos\varepsilon_{21}+\tau_a\cdot\omega_1\cdot\rho_k\cdot cos\omega_1 t\cdot cos(\mu_{21}+\tau)/60]\cdot cos\lambda}{(Sn+0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi+[2\pi\rho nsin\varepsilon_{21}+\tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{21}+\tau)/60]cos\varphi}$$
$$+\frac{[2\pi\cdot\rho\cdot n\cdot sin\varepsilon_{21}+\tau_a\cdot\omega_1\cdot\rho_k\cdot cos\omega_1 t\cdot sin(\mu_{21}+\tau)/60]sin\varphi\cdot sin\lambda}{(Sn+0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi+[2\pi\rho nsin\varepsilon_{21}+\tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{21}+\tau)/60]cos\varphi}-$$
$$-\frac{(Sn+0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)cos\varphi sin\lambda}{(Sn+0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi+[2\pi\rho nsin\varepsilon_{21}+\tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{21}+\tau)/60]cos\varphi} \quad (27)$$

$$V_N = \frac{(Sn+0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi+[2\pi\rho nsin\varepsilon_{21}+\tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 tsin(\mu_{21}+\tau)/60]cos\varphi}{sin\sigma_N} \quad (28)$$

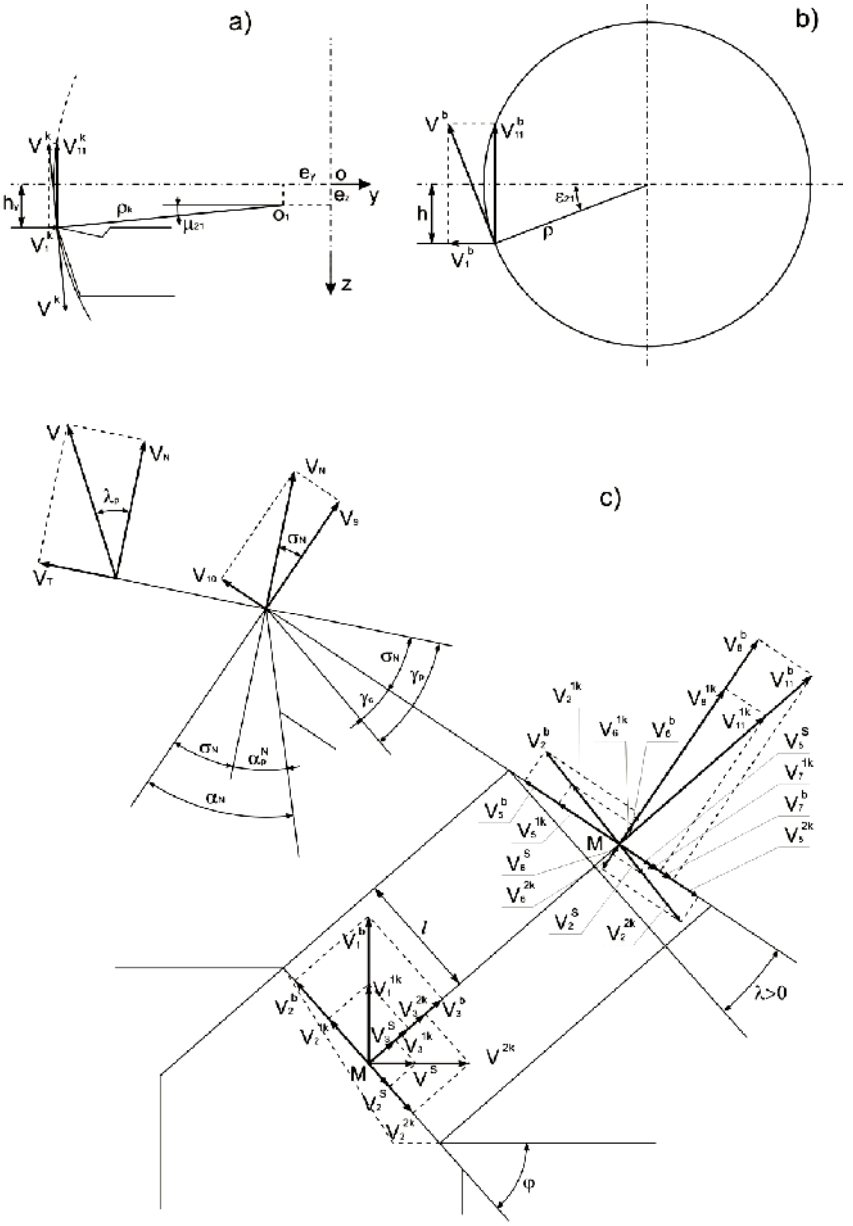

Рис.2. План скоростей

$$V_T = V^{1k}cos(\mu_{21}+\tau)sin\lambda + V^b cos\varepsilon_{21}sin\lambda + V^S cos\varphi cos\lambda - V^{1k}sin(\mu_{21}+\tau)\cdot sin\varphi cos\lambda + V^{2k}cos\varphi cos\lambda - V^b sin\varepsilon_{21}sin\varphi cos\lambda = (Sn+0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)cos\varphi cos\lambda + +[2\pi\rho ncos\varepsilon_{21}+\tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 tcos(\mu_{21}+\tau)/60]sin\lambda - [2\pi\rho nsin\varepsilon_{21}++\tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 tsin(\mu_{21}+\tau)/60]sin\varphi cos\lambda \quad (29)$$

Учитывая (28) и (29) расчитаем $tg\lambda_p$

$$tg\lambda_p = \frac{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)\cos\varphi \cdot \cos\lambda \cdot \sin\sigma_N}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi + [2\pi\rho n sin\varepsilon_{21} + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{21} + \tau)/60]cos\varphi}$$
$$+ \frac{[2\pi\rho \cdot n \cdot cos\varepsilon_{21} + \tau_a \cdot \omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot cos(\mu_{21} + \tau)/60] \cdot sin\lambda \cdot sin\sigma_n}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi + [2\pi\rho n sin\varepsilon_{21} + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{21} + \tau)/60]cos\varphi}$$
$$- \frac{[2\pi\rho \cdot n \cdot cos\varepsilon_{21} + \tau_a \cdot \omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot sin(\mu_{21} + \tau)/60]sin\varphi \cdot cos\lambda \cdot sin\sigma_n}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi + [2\pi\rho n sin\varepsilon_{21} + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{21} + \tau)/60]cos\varphi} \quad (30)$$

Сейчас рассмотрим случай, когда угол λ отрицательный и режущий клин установлен относительно оси вращения детали выше на h_y (рис.3).

Проекции векторов скоростей и угол ε будут

$$\varepsilon_{31} = arcsin\, h/\rho = arcsin\,(h_y - l \cdot sin\lambda)/\rho \quad (31)$$

$$\left.\begin{array}{c} V_{11}^b = V^b \cdot cos\varepsilon_{31} \\ V_1^b = V^b \cdot sin\varepsilon_{31} \\ V_2^b = V_1^b sin\varphi = V^b \cdot sin\varepsilon_{31} \cdot sin\varphi \\ V_3^b = V_1^b \cdot cos\varphi = V^b \cdot sin\varepsilon_{31} \cdot cos\varphi \\ V_5^b = V_2^b \cdot cos\lambda = V^b \cdot sin\varepsilon_{31} \cdot sin\varphi \cdot cos\lambda \\ V_6^b = V_2^b \cdot sin\lambda = V^b \cdot sin\varepsilon_{31} \cdot sin\varphi \cdot sin\lambda \\ V_7^b = V_{11}^b \cdot sin\lambda = V^b \cdot cos\varepsilon_{31} \cdot sin\lambda \\ V_8^b = V_{11}^b \cdot cos\lambda = V^b \cdot cos\varepsilon_{31} \cdot cos\lambda \end{array}\right\} \quad (32)$$

$$\left.\begin{array}{c} V_{11}^{1k} = V^{1k} \cdot cos(\mu_{31} + \tau) \\ V_1^{1k} = V^{1k} \cdot sin(\mu_{31} + \tau) \\ V_2^{1k} = V_1^{1k} sin\varphi = V^{1k} \cdot sin(\mu_{31} + \tau) \cdot sin\varphi \\ V_3^{1k} = V_1^{1k} \cdot cos\varphi = V^{1k} \cdot sin(\mu_{31} + \tau) \cdot cos\varphi \\ V_5^{1k} = V_2^{1k} \cdot cos\lambda = V^{1k} \cdot sin(\mu_{31} + \tau) \cdot sin\varphi \cdot cos\lambda \\ V_6^{1k} = V_2^{1k} \cdot sin\lambda = V^{1k} \cdot sin(\mu_{31} + \tau) \cdot sin\varphi \cdot sin\lambda \\ V_7^{1k} = V_{11}^{1k} \cdot sin\lambda = V^{1k} \cdot cos(\mu_{31} + \tau) \cdot sin\lambda \\ V_8^{1k} = V_{11}^{1k} \cdot cos\lambda = V^{1k} \cdot cos(\mu_{31} + \tau) \cdot cos\lambda \end{array}\right\} \quad (33)$$

$$\left.\begin{array}{c} V_2^{2k} = V^{2k} \cdot cos\varphi \\ V_3^{2k} = V^{2k} \cdot sin\varphi \\ V_4^{2k} = V_2^{2k} \cdot sin\lambda = V^{2k} \cdot cos\varphi \cdot sin\lambda \\ V_5^{2k} = V_2^{2k} \cdot cos\lambda = V^{2k} \cdot cos\varphi \cdot cos\lambda \end{array}\right\} \quad (34)$$

$$\left.\begin{array}{c} V_2^S = V^S cos\varphi \\ V_3^S = V^S sin\varphi \\ V_5^S = V_2^S cos\lambda = V^S cos\varphi \cdot cos\lambda \\ V_6^S = V_2^S sin\lambda = V^S cos\varphi \cdot sin\lambda \end{array}\right\} \quad (35)$$

В этом случае V_9, V_{10}, V_T, V_N будут

$$\left.\begin{array}{c} V_9 = V_8^b + V_8^{1k} + V_6^S + V_6^{1k} + V_6^{2k} + V_6^b \\ V_{10} = V_3^{2k} - V_3^{1k} + V_3^S - V_3^b \\ V_T = -V_7^{1k} - V_7^b + V_5^S + V_5^{1k} + V_5^{2k} + V_5^b \\ V_N = V_{10}/sin\sigma_n \end{array}\right\} \quad (36)$$

Сделав постановки получим:

$$V_9 = V^b \cdot cos\varepsilon_{31} \cdot cos\lambda + V^{1k} cos(\mu_{31} + \tau) \cdot cos\lambda + V^b \cdot sin\varepsilon_{31} \cdot sin\varphi \cdot sin\lambda + V^{1k} sin(\mu_{31} + \tau) \cdot sin\varphi \cdot sin\lambda + V^{2k} \cdot cos\varphi \cdot sin\lambda + V^S \cdot cos\varphi \cdot sin\lambda = [2\pi\rho n cos\varepsilon_{31} + \tau_a \cdot \omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot cos(\mu_{31} + \tau)/60] \cdot cos\lambda + [2\pi\rho n sin\varepsilon_{31} + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{31} + \tau)/60]$$

$$V_9 = V^b \cdot cos\varepsilon_{31} \cdot cos\lambda + V^{1k} cos(\mu_{31} + \tau) \cdot cos\lambda + V^b \cdot sin\varepsilon_{31} \cdot sin\varphi \cdot sin\lambda + V^{1k} sin(\mu_{31} + \tau) \cdot sin\varphi \cdot sin\lambda + V^{2k} \cdot cos\varphi \cdot sin\lambda + V^S \cdot cos\varphi \cdot sin\lambda = [2\pi\rho n cos\varepsilon_{31} + \tau_a \cdot \omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot cos(\mu_{31} + \tau)/60] \cdot cos\lambda + [2\pi\rho n sin\varepsilon_{31} + \tau_a \omega_1 \rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{31} + \tau)/60] \cdot sin\varphi \cdot sin\lambda + (S \cdot n + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t) cos\varphi \cdot sin\lambda \quad (37)$$

$$V_{10} = V^{2k} \cdot sin\varphi + V^S \cdot sin\varphi - V^{1k} sin(\mu_{31} + \tau) \cdot cos\varphi - V^b \cdot sin\varepsilon_{31} \cdot cos\varphi = (Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t) sin\varphi - [2\pi\rho n sin\varepsilon_{31} + \tau_a \omega_1 \rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{31} + \tau)/60] cos\varphi \quad (38)$$

$$ctg\sigma_N = \frac{[2\pi \cdot \rho \cdot n \cdot cos\varepsilon_{31} + \tau_a \cdot \omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot cos(\mu_{31} + \tau)/60] \cdot cos\lambda}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t) sin\varphi - [2\pi\rho n sin\varepsilon_{31} + \tau_a \omega_1 \rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{31} + \tau)/60] cos\varphi} + \frac{[2\pi \cdot \rho \cdot n \cdot sin\varepsilon_{31} + \tau_a \cdot \omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot sin(\mu_{31} + \tau)/60] sin\varphi \cdot sin\lambda}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t) sin\varphi - [2\pi\rho \cdot n \cdot sin\varepsilon_{31} + \tau_a \cdot \omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot sin(\mu_{31} + \tau)/60] cos\varphi} + \frac{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t) cos\varphi \cdot sin\lambda}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t) sin\varphi - [2\pi\rho n sin\varepsilon_{31} + \tau_a \omega_1 \rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{31} + \tau)/60] cos\varphi} \quad (39)$$

$$V_N = \frac{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t) sin\varphi - [2\pi\rho n sin\varepsilon_{31} + \tau_a \omega_1 \rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{31} + \tau)/60] cos\varphi}{sin\sigma_N} \quad (40)$$

$$V_T = V^{1k} sin(\mu_{31} + \tau) sin\varphi \cdot sin\lambda - V^b \cdot cos\varepsilon_{31} \cdot sin\lambda + V^S \cdot cos\varphi \cdot cos\lambda - V^{1k} cos(\mu_{31} + \tau) \cdot sin\lambda + V^{2k} \cdot cos\varphi \cdot cos_{\lambda} + V^b \cdot sin\varepsilon_{31} \cdot sin\varphi \cdot cos\lambda = (Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t) cos\varphi \cdot cos\lambda - -[2\pi\rho \cdot n \cdot cos\varepsilon_{31} + \tau_a \cdot \omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot cos(\mu_{31} + \tau)/60] \cdot sin\lambda + [2\pi\rho \cdot n \cdot sin\varepsilon_{31} + + \tau_a \cdot \omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot sin(\mu_{31} + \tau)/60] sin\varphi \cdot cos\lambda \quad (41)$$

Учитывая (40) и (41) расчитаем $tg\lambda_p$

$$tg\lambda_p = \frac{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t) cos\varphi \cdot cos\lambda \cdot sin\sigma_N}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t) sin\varphi - [2\pi\rho n sin\varepsilon_{31} + \tau_a \omega_1 \rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{31} + \tau)/60] cos\varphi} + \frac{[2\pi\rho \cdot n \cdot cos\varepsilon_{31} + \tau_a \cdot \omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot cos(\mu_{31} + \tau)/60] sin\lambda \cdot sin\sigma_n}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t) sin\varphi - [2\pi\rho n sin\varepsilon_{31} + \tau_a \omega_1 \rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{31} + \tau)/60] cos\varphi} + \frac{[2\pi\rho \cdot n \cdot sin\varepsilon_{31} + \tau_a \cdot \omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot sin(\mu_{31} + \tau)/60] sin\varphi \cdot cos\lambda \cdot sin\sigma_n}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t) sin\varphi - [2\pi\rho n sin\varepsilon_{31} + \tau_a \omega_1 \rho_k cos\omega_1 t sin(\mu_{31} + \tau)/60] cos\varphi} \quad (42)$$

Сейчас рассмотрим случай, когда угол λ отрицательный и режущий клин установлен относительно оси вращения детали ниже на h_y (рис. 4.4).

Проекции векторов скоростей и угол ε будут

$$\varepsilon_{41} = arcsin\, h/\rho = arcsin\left(h_y + l \cdot sin\lambda\right)/\rho \quad (43)$$

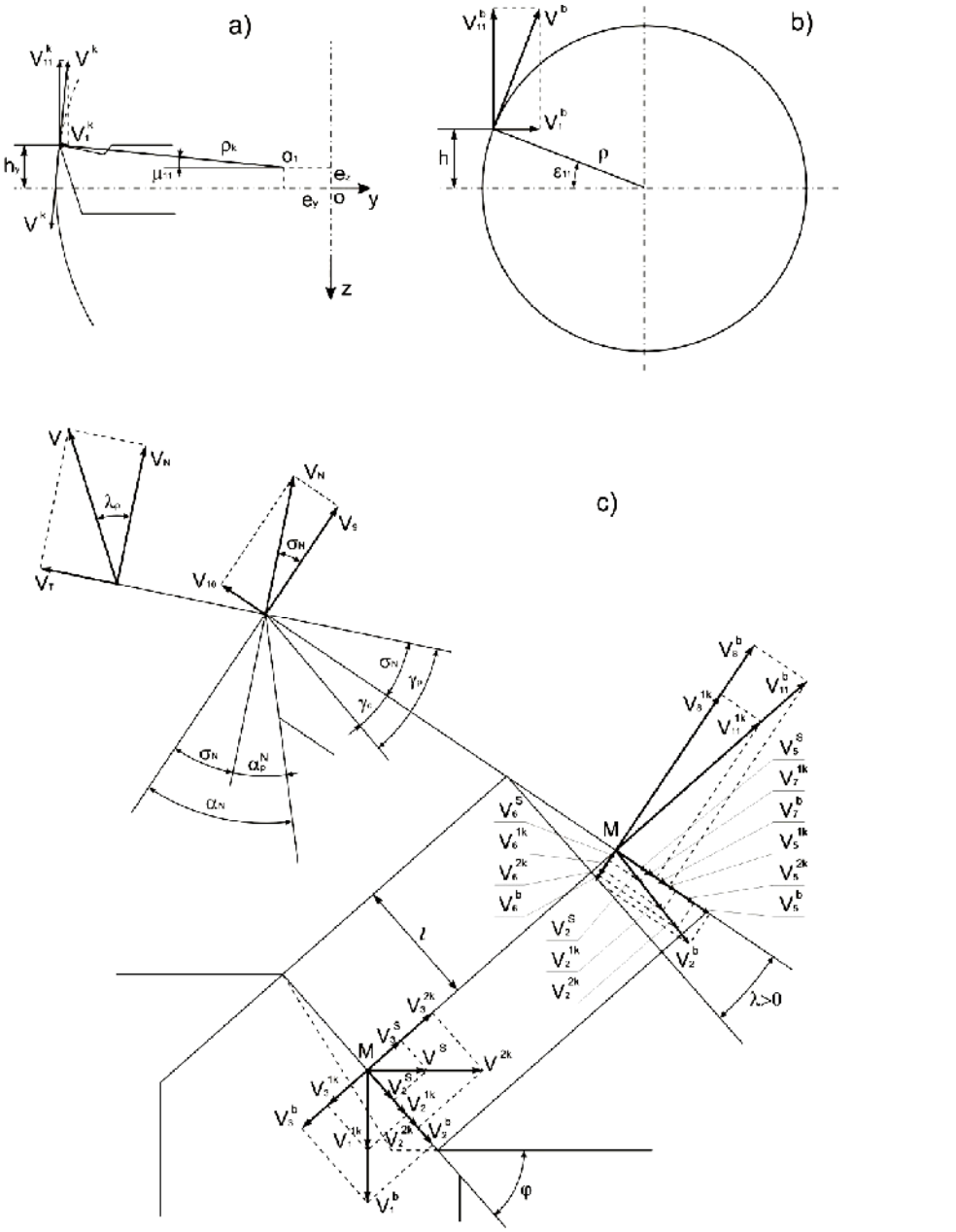

Рис. 3. План скоростей

$$\left.\begin{aligned} V_{11}^{b}&=V^{b}\cdot\cos\varepsilon_{41}\\ V_{1}^{b}&=V^{b}\cdot\sin\varepsilon_{41}\\ V_{2}^{b}&=V_{1}^{b}\sin\varphi=V^{b}\cdot\sin\varepsilon_{41}\cdot\sin\varphi\\ V_{3}^{b}&=V_{1}^{b}\cdot\cos\varphi=V^{b}\cdot\sin\varepsilon_{41}\cdot\cos\varphi\\ V_{5}^{b}&=V_{2}^{b}\cdot\cos\lambda=V^{b}\cdot\sin\varepsilon_{41}\cdot\sin\varphi\cdot\cos\lambda\\ V_{6}^{b}&=V_{2}^{b}\cdot\sin\lambda=V^{b}\cdot\sin\varepsilon_{41}\cdot\sin\varphi\cdot\sin\lambda\\ V_{7}^{b}&=V_{11}^{b}\cdot\sin\lambda=V^{b}\cdot\cos\varepsilon_{41}\cdot\sin\lambda\\ V_{8}^{b}&=V_{11}^{b}\cdot\cos\lambda=V^{b}\cdot\cos\varepsilon_{41}\cdot\cos\lambda \end{aligned}\right\} \quad (44)$$

$$\left.\begin{aligned} V_{11}^{1k}&=V^{1k}\cdot\cos(\mu_{41}+\tau)\\ V_{1}^{1k}&=V^{1k}\cdot\sin(\mu_{41}+\tau)\\ V_{2}^{1k}&=V_{1}^{1k}\sin\varphi=V^{1k}\cdot\sin(\mu_{41}+\tau)\cdot\sin\varphi\\ V_{3}^{1k}&=V_{1}^{1k}\cdot\cos\varphi=V^{1k}\cdot\sin(\mu_{41}+\tau)\cdot\cos\varphi\\ V_{5}^{1k}&=V_{2}^{1k}\cdot\cos\lambda=V^{1k}\cdot\sin(\mu_{41}+\tau)\cdot\sin\varphi\cdot\cos\lambda\\ V_{6}^{1k}&=V_{2}^{1k}\cdot\sin\lambda=V^{1k}\cdot\sin(\mu_{41}+\tau)\cdot\sin\varphi\cdot\sin\lambda\\ V_{7}^{1k}&=V_{11}^{1k}\cdot\sin\lambda=V^{1k}\cdot\cos(\mu_{41}+\tau)\cdot\sin\lambda\\ V_{8}^{1k}&=V_{11}^{1k}\cdot\cos\lambda=V^{1k}\cdot\cos(\mu_{41}+\tau)\cdot\cos\lambda \end{aligned}\right\} \quad (45)$$

$$\left.\begin{aligned} V_2^{2k} &= V^{2k}\cdot\cos\varphi \\ V_3^{2k} &= V^{2k}\cdot\sin\varphi \\ V_6^{2k} &= V_2^{2k}\cdot\sin\lambda = V^{2k}\cdot\cos\varphi\cdot\sin\lambda \\ V_5^{2k} &= V_2^{2k}\cdot\cos\lambda = V^{2k}\cdot\cos\varphi\cdot\cos\lambda \end{aligned}\right\} \quad (46)$$

$$\left.\begin{aligned} V_2^{S} &= V^{S}\cos\varphi \\ V_3^{S} &= V^{S}\sin\varphi \\ V_5^{S} &= V_2^{S}\cos\lambda = V^{S}\cos\varphi\cdot\cos\lambda \\ V_6^{S} &= V_2^{S}\sin\lambda = V^{S}\cos\varphi\cdot\sin\lambda \end{aligned}\right\} \quad (47)$$

В этом случае V_9, V_{10}, V_T, V_N будут

$$\left.\begin{aligned} V_9 &= V_8^b + V_8^{1k} + V_6^S - V_6^{1k} + V_6^{2k} - V_6^b \\ V_{10} &= V_3^{2k} + V_3^{1k} + V_3^S + V_3^b \\ V_T &= -V_7^{1k} - V_7^b + V_5^S - V_5^{1k} + V_5^{2k} - V_5^b \\ V_N &= V_{10}/\sin\sigma_n \end{aligned}\right\} \quad (48)$$

$$V_9 = V^b\cdot\cos\varepsilon_{41}\cdot\cos\lambda + V^{1k}\cos(\mu_{41}+\tau)\cdot\cos\lambda - V^b\cdot\sin\varepsilon_{41}\cdot\sin\varphi\cdot\sin\lambda -$$
$$-V^{1k}\sin(\mu_{41}+\tau)\cdot\sin\varphi\cdot\sin\lambda + V^{2k}\cdot\cos\varphi\cdot\sin\lambda + V^S\cdot\cos\varphi\cdot\sin\lambda = [2\pi\rho n\cos\varepsilon_{41} +$$
$$+\tau_a\omega_1\rho_k\cos\omega_1 t\cos(\mu_{41}+\tau)/60]\cos\lambda - [2\pi\rho n\sin\varepsilon_{41} + \tau_a\omega_1\rho_k\cos\omega_1 t\sin(\mu_{41}+\tau)/$$
$$60]\sin\varphi\sin\lambda + (Sn + 0{,}06A\omega_2\cos\omega_2 t)\cos\varphi\sin\lambda \quad (49)$$

$$V_{10} = V^{2k}\cdot\sin\varphi + V^S\cdot\sin\varphi + V^{1k}\sin(\mu_{41}+\tau)\cdot\cos\varphi + V^b\cdot\sin\varepsilon_{41}\cdot\cos\varphi = \quad (50)$$
$$= (Sn + 0{,}06A\omega_2\cos\omega_2 t)\sin\varphi + [2\pi\rho n\sin\varepsilon_{41} + \tau_a\omega_1\rho_k\cos\omega_1 t\sin(\mu_{41}+\tau)/60]\cdot\cos\varphi$$

$$ctg\,\sigma_N =$$
$$= \frac{[2\pi\cdot\rho\cdot n\cdot\cos\varepsilon_{41} + \tau_a\cdot\omega_1\cdot\rho_k\cdot\cos\omega_1 t\cdot\cos(\mu_{41}+\tau)/60]\cdot\cos\lambda}{(Sn + 0{,}06A\omega_2\cos\omega_2 t)\sin\varphi + [2\pi\rho n\sin\varepsilon_{41} + \tau_a\omega_1\rho_k\cos\omega_1 t\sin(\mu_{41}+\tau)/60]\cos\varphi}$$
$$- \frac{[2\pi\cdot\rho\cdot n\cdot\sin\varepsilon_{41} + \tau_a\cdot\omega_1\cdot\rho_k\cdot\cos\omega_1 t\cdot\sin(\mu_{41}+\tau)/60]\sin\varphi\cdot\sin\lambda}{(Sn + 0{,}06A\omega_2\cos\omega_2 t)\sin\varphi + [2\pi\rho n\sin\varepsilon_{41} + \tau_a\omega_1\rho_k\cos\omega_1 t\sin(\mu_{41}+\tau)/60]\cos\varphi} +$$
$$\frac{(Sn + 0{,}06A\omega_2\cos\omega_2 t)\cos\varphi\cdot\sin\lambda}{(Sn + 0{,}06A\omega_2\cos\omega_2 t)\sin\varphi + [2\pi\rho n\sin\varepsilon_{41} + \tau_a\omega_1\rho_k\cos\omega_1 t\sin(\mu_{41}+\tau)/60]\cos\varphi} \quad (51)$$

$$V_N = \frac{(Sn + 0{,}06A\omega_2\cos\omega_2 t)\sin\varphi + [2\pi\rho n\sin\varepsilon_{41} + \tau_a\omega_1\rho_k\cos\omega_1 t\sin(\mu_{41}+\tau)/60]\cos\varphi}{\sin\sigma_N} \quad (52)$$

$$V_T = -V^{1k}\sin(\mu_{41}+\tau)\sin\varphi\cdot\sin\lambda - V^b\cdot\cos\varepsilon_{41}\cdot\sin\lambda + V^S\cdot\cos\varphi\cdot\cos\lambda -$$
$$V^{1k}\cos(\mu_{41}+\tau)\cdot\sin\lambda$$
$$+V^{2k}\cdot\cos\varphi\cdot\cos_{\lambda} - V^b\cdot\sin\varepsilon_{41}\cdot\sin\varphi\cdot\cos\lambda =$$
$$(Sn + 0{,}06A\omega_2\cos\omega_2 t)\cos\varphi\cos\lambda - [2\pi\rho n\cos\varepsilon_{41} + \tau_a\omega_1\rho_k\cos\omega_1 t\cos(\mu_{41}+\tau)/60]\sin\lambda$$
$$-[2\pi\rho n\sin\varepsilon_{41} + \tau_a\omega_1\rho_k\cos\omega_1 t\sin(\mu_{41}+\tau)/60]\sin\varphi\cos\lambda \quad (53)$$

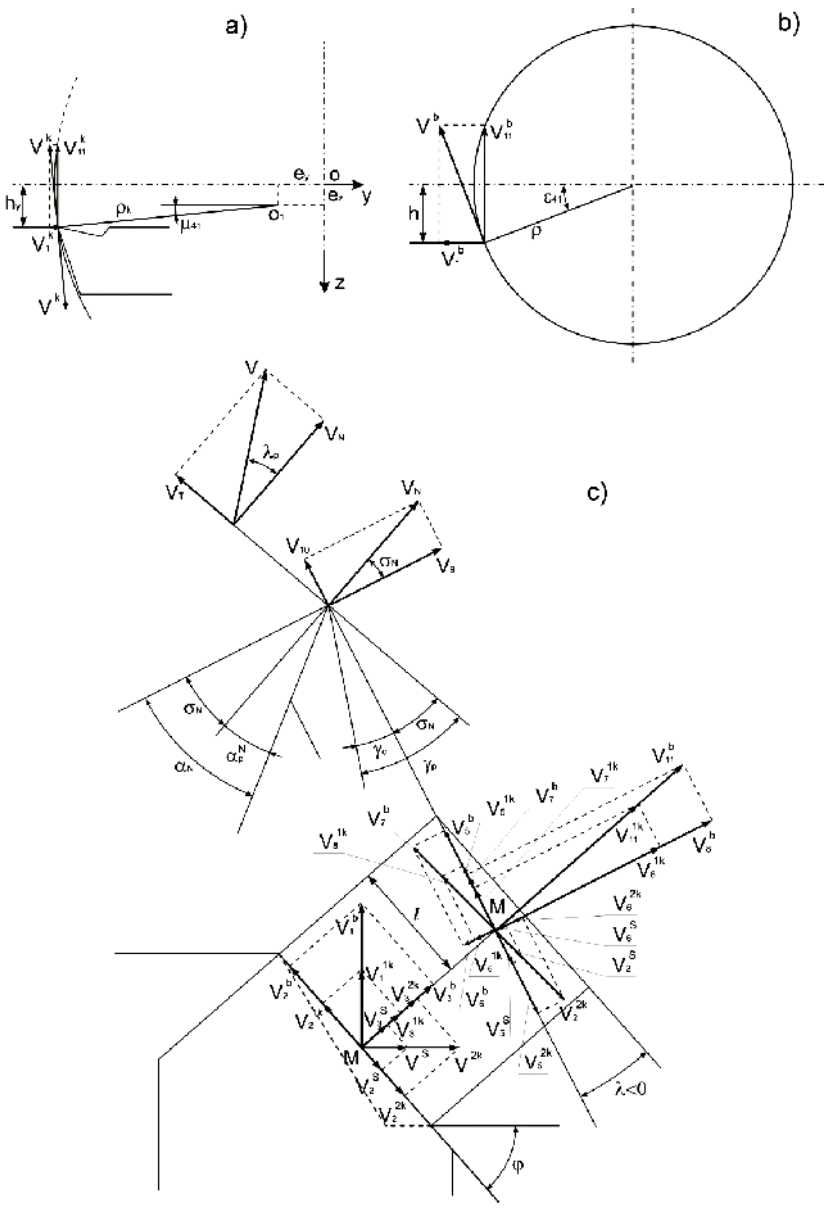

Рис. 4. План скоростей

Учитывая (4.50) и (4.52) расчитаем

$$tg\lambda_p \; tg\lambda_p = \frac{[2\pi\rho \cdot n \cdot cos\varepsilon_{41} + \tau_a\omega_1 \cdot \rho_k \cdot cos\omega_1 t \cdot cos(\mu_{41}+\tau)/60]sin\lambda \cdot sin\sigma_N}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi + [2\pi\rho nsin\varepsilon_{41} + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 tsin(\mu_{41}+\tau)/60]cos\varphi}$$

$$\frac{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)cos\varphi \cdot cos\lambda \cdot sin\sigma_N}{(Sn + 0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi + [2\pi\rho nsin\varepsilon_{41} + \tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 tsin(\mu_{41}+\tau)/60]cos\varphi}$$

$$+\frac{[2\pi\rho\cdot n\cdot sin\varepsilon_{41}+\tau_a\cdot\omega_1\cdot\rho_k\cdot cos\omega_1 t\cdot sin(\mu_{41}+\tau)/60]sin\varphi\cdot cos\lambda\cdot sin\sigma_n}{(Sn+0{,}06A\omega_2 cos\omega_2 t)sin\varphi+[2\pi\rho nsin\varepsilon_{41}+\tau_a\omega_1\rho_k cos\omega_1 tsin(\mu_{41}+\tau)/60]cos\varphi} \qquad (54)$$

Выводы. Крутильные или осевые колебания по существу являются частными случаями крутильно-осевых и основываясь на результатах первого и второго разделов можно сделать следующие заключения:

- Вектор скорости колебаний величина переменная в данной точке режущего лезвия клина и по его направлению и по величине, причем эти изменения имеют место в трех-

мерном пространстве. В случае отсутствия осевой составляющей пространственные изменения происходят в плоскости, перпендикулярной плоскости вращательной составляющей колебаний. В случае отсутствия крутильной составляющей, пространственные изменения одинаково направлены в направление осевых колебаний

- Расположение режущего клина, с позиций увеличения угла γ, предпочтительнее ниже оси вращения детали.
- В зависимости от величин вектора скорости крутильного движения и вектора скорости главного движения резания возможны условия, при которых передняя грань режущего клина будет отрываться от корня стружки. Это явление с одной стороны безусловно положительное, так как улучшаются условия проникновения смазывающей и охлаждающей среды в зоны контакта материала и режущего клина. Но, с другой стороны, непрерывный процесс резания транформируется в прерывистый, что может быть на сам процесс резания будет воздействовать отрицательно. Отметим, что при правильной оценке отмеченных скоростей можно будет обеспечить такие условия, чтобы отрыв режущего клина от стружки происходил при условиях, когда последующий удар при врезании был по возможности мягким и безболезненным. Но достаточным, чтобы возникаюшее при этом реальное снижение давления, или возможно и вакуум, способствовали всасыванию смазывающей среды в зону последующего контакта.

Список литературы:

1. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. - Машиностроение, 1975. - С. 344.

2. Петрухин С.С. Общий метод определения кинематических па-раметров режущей части металлорежущих инструментов / С.С. Петрухин // Известия вузов. Машино-строение. - 1962. - N 10. - С. 151-155.

3. Христафорян С.Ш. Рабочие углы режущего клина при растачивании с применением крутильных УЗК и отрицательным углом λ / С.Ш. Христафорян, А.Л. Аршакян, Э.С. Христафорян // Прогресивные технологии и ситемы машиностроения: Межд. сб. науч. тр. - 2014.

Надійшла до редакції 24.02.2014

Е.С. Хрістафорян, А.Л. Аршакян, С.Ш. Хрістафорян

ПИТАННЯ ЗМІНИ УГЛОВ РІЖУЧИХ КЛИНІВ ПРИ РОЗТОЧУВАННІ З ВИКОРИСТАННЯМ КРУТИЛЬНО-ОСЬОВИХ УЗК

У роботі вивчена робота ріжучого клина при розточуванні із застосуванням крутільно-осьових УЗК. Було показано, що примусові ультразвукові вібрації ріжучого клина, а також його розташування по відношенню до осі заготовки і вібрація різної природи, очевидно, впливає на продуктивність різального клина. Отримані формули враховують зміни.

Ключові слова: *кути, ріжучий клин, коливання, режими різання.*

E. Khristaforyan, A. Arshakian, S. Khristaforyan

CHANGES OF CUTTING WEDGES ANGLES WHEN BORING USING TORSIONAL-AXIAL *USI*

The article discusses the work of a cutting wedge when boring using torsional-axial USI. It is shown that forced ultrasonic vibration of the cutting wedge, as well as its location relative to the workpiece axis and the vibrations of various nature obviously affect the performance of the cutting wedge. The resulting formulas take into account these changes.

Keywords: *angles, cutting wedge, vibration, cutting conditions.*