

III. ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ И ИНСТРУМЕНТЫ

А. П. Клубков

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОГО УГЛА ВСТРЕЧИ МЕЖДУ ВЕКТОРАМИ СКОРОСТЕЙ РЕЗАНИЯ И СКОРОСТИ ПОДАЧИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Обработка древесины фрезерованием применяется в деревообрабатывающей промышленности в широком масштабе с большим многообразием видов и форм. Объект нашего изучения процесс резания — взаимодействие режущего инструмента с обрабатываемым материалом, деформации и напряжения, возникающие при этом взаимодействии, чистота поверхности обработки. При взаимодействии реза с древесиной на его передней и задней гранях, а также на переходной поверхности — лезвии, которое имеет определенный радиус закругления ρ , возникает система сил.

А. Л. Бершадский, обработав многочисленные экспериментальные исследования, подтвердил установленный М. А. Дешевым принцип независимости действия сил по передней и задней граням реза. Знание сил, действующих на переднюю и заднюю грани инструмента, необходимо для проектирования деревообрабатывающего оборудования и инструмента, для расчета механизмов резания, тяговых усилий механизма подачи и всевозможных прижимных устройств, для установления оптимальных режимов резания.

Чтобы отделить часть древесины (припуска), к режущему инструменту должна быть приложена внешняя сила F , которая преодолевает сопротивление древесины разрушению. Определить эту равнодействующую по величине и направлению затруднительно. Поэтому ее представляют в виде составляющих: касательной силы P , радиальной R . Эти составляющие в свою очередь можно разложить на усилие подачи Q и усилие, нормальное к подаче S .

Определение составляющих общего усилия резания является целью экспериментальных исследований. Кроме того, при расчетах неизвестен кинематический угол встречи θ , поэтому цель наших исследований заключалась в том, чтобы получить три составляющих усилия резания и на этой основе решить вопрос о величине угла $\theta_{ср}$. Нами разработана и изготовлена трехкомпонентная экспериментальная установка, позволяющая вести исследования в широком диапазоне переменных технологических факторов, с целью получения трех составляющих усилия резания P , Q и S .

При резании вращающимися по окружности резами каждому мгновенному положению реза соответствует свое мгновенное эллиптическое

чение θ_i . Угол θ_i равен центральному углу поворота ножа от начального до рассматриваемого.

(2) При фрезеровании условно принимают

$$\theta_{\text{ср}} = \frac{\varphi_0}{2},$$

где φ_0 — угол контакта резца с древесиной на дуге врезания.

Величина и направление касательной силы резания P_i на дуге контакта изменяется в связи с изменением направления вектора скорости резания, толщины стружки $e_{\text{ср}}$ и угла $\theta_{\text{ср}}$. При расчетах вводится среднее значение силы $P_{\text{ср}}$, за точку ее приложения условно принимается середина дуги врезания (дуги контакта).

Вопрос об уточнении приложения касательной силы резания впервые выдвинул А. А. Соловьев (Московский лесотехнический институт).

Так как все силовые и геометрические расчеты осуществляются с помощью угла $\theta_{\text{ср}}$, то целесообразно выявить его влияние на силовые параметры, прежде чем перейти к его определению.

Примерные расчеты показали, что при отклонении $\theta_{\text{ср}}$ от середины дуги численное значение касательной силы резания P при некоторых постоянных условиях изменяется на 2—4%, а радиальной силы R на 100—200%. В некоторых случаях радиальная сила может изменить направление при большем отклонении точки приложения от середины дуги. Кроме того, угол $\theta_{\text{ср}}$ влияет и на расчетное значение толщины стружки e_r , так как $e_{\text{ср}} = C_z \sin \theta_{\text{ср}}$. Приведенный анализ показывает, что необходимо проводить исследование с целью уточнения значения угла $\theta_{\text{ср}}$, а это возможно лишь в том случае, если экспериментально будут определены P , Q и S . Тогда из 5 неизвестных 2 (R и θ) можно определить расчетом.

Нами проведены опыты при следующих условиях: порода — сосна, резание — вдоль волокон, образцы малые — $80 \times 60 \times 30$, скорость резания $v = 7,15$ м/сек, подача на нож $C_z = (0,232 - 0,464 - 1,0 - 1,85 - 3,78)$ мм, высота снимаемого слоя $H = (2 - 4 - 8)$ мм, угол резания $\delta = (55^\circ - 65^\circ - 75^\circ)$, угол заострения ножа $\beta = 40^\circ$, материал ножа — сталь Р18. Плавное изменение угла резания производилось с помощью специально сконструированной ножевой головки. Касательная сила резания определялась через крутящий момент M_k ($P = M_k/r$), снимаемый непосредственно со шпинделя с помощью токосъемного устройства. Для записи усилий Q и S был применен тонкостенный цилиндр, на поверхности которого наклеены фольговые датчики сопротивления.

Результаты наблюдений усилий резания обработаны методом математической статистики. Между касательной силой P , усилием подачи Q и усилием S , нормальным к подаче, существует следующая взаимосвязь:

$$P = Q \cos \theta + S \sin \theta \quad (1)$$

Решая это уравнение относительно $\sin \theta$ получим:

$$\sin \theta_{\text{ср}} = \frac{PS - \sqrt{P^2 S^2 - (Q^2 + S^2)(P^2 - Q^2)}}{Q^2 + S^2} \quad (2)$$

Для сравнения значение $\sin \theta_{\text{ср}}$ определялось по общепринятым формулам:

$$\sin \theta_{\text{ср}} \sqrt{\frac{H}{D}} \text{ и } \sin \theta_{\text{ср}} = \frac{H}{l},$$

где l — длина дуги врезания,

$$l = \frac{\pi D}{360} \arccos \frac{r-H}{r}.$$

Значения угла $\theta_{\text{ср}}$, полученные расчетом по трем вышеприведенным формулам, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения угла $\theta_{\text{ср}}$

H, мм	По формуле (2)	По общепринятым формулам	
		$\theta_{\text{ср}} = \arcsin \sqrt{\frac{H}{D}}$	$\theta_{\text{ср}} = \arcsin \frac{H}{l}$
2	5°17	5°24	5°44
4	7°34	7°50	7°32
8	9°55	11°	11°32

Из таблицы видно, что значения $\theta_{\text{ср}}$, вычисленные по трем формулам, незначительно отклоняются друг от друга. Более существенное отклонение имеет место при $H=8$ мм. Так как при фрезеровании $H=2-4$ мм, то для такого вида обработки можно принимать значения угла $\theta_{\text{ср}} = \varphi_0 : 2$.