

закруглений на лезвии резца и мятия опилок в пазухе, что при современных подачах и малых шагах происходит всегда. Эти факторы всесторонне разобраны в отделе V моей книги и дают для усилия резания увеличенные в 3—4 раза по сравнению с основными сопротивлениями резания, доставляемыми первыми тремя членами в формулах Фойгта и Бершадского. Первый из них совсем не учитывал добавочных сопротивлений, и потому его формулы дают резкое расхождение между теорией и практикой; второй, стремясь повысить числовое значение, вытекающее из его формул, использовал максимальное давление вместо среднего и попробовал ввести в свою формулу четвертый член, но, как выяснено выше, очень неудачно, что опять сильно обесценивает данные его формул и делает тем самым значительный разрыв с практикой. У меня же результаты, несмотря на всю рьяную критику проф. Бершадского, все же и притом абсолютно без искусственной подгонки ближе подходят к практике (см. отдел V моей книги), чем результаты по Фойгту и по прокорректированной мною формуле Бершадского.

Остается еще сказать несколько слов о пресловутой связи между теоретическими выводами и практикой, которую все время будирует проф. Бершадский и отсутствие которой в моей теории он ставит мне в вину. Посмотрим, в чем же эта связь выразилась у самого автора. Резание пластин-

кой и положенным на нее клином есть по сути абстракция и никаких выводов числового характера автором из этого не сделано; предполагаемое им распределение напряжений по груди резца — то же чисто абстрактное, также ничего не дало; результаты работ Флаксермана тоже никак не отражены в его формулах; вопрос о влиянии трения на груди резца трактован не полностью и опять-таки не нашел отражения в формуле. Единственно, что использовано автором из практики, это поправки на величину угла резания по опытам Майера, но эти поправки не обоснованы логически и, как мною отмечено выше, введены крайне неудачно.

Следовательно, у самого автора слова полностью расходятся с делом.

В настоящей статье я дал критику только той части труда проф. Бершадского, которая названа им „Новая теория резания“ и противопоставляется моему труду по „Теории резания древесины“. Я однако прошудировал обстоятельно и предшествующую часть литографированного труда автора „Резание как технологический процесс“ и должен отметить, что и в этой части имеется ряд серьезных ошибок, неправильных выводов, неточных и неясных определений, отсутствие систематичности в самом изложении и т. п., что в педагогическом и методическом отношениях нужно отнести к серьезным недочетам, безусловно подлежащим исправлению.

Процесс строгания в изложении проф. М. А. Дешевого

Проф. А. Л. Бершадский

Статья проф. А. Л. Бершадского посвящена критике вопросов строгания, изложенных проф. М. А. Дешевым в первой части его труда „Механическая технология дерева“. Анализируя процесс строгания по Флатчеру, проф. Дешевой (как и Флатчер), по мнению проф. Бершадского, приходит к неверным и противоречивым формулам для определения производительности строгальных станков.

О. Бек, Рефа, работы инж. Зака, Виноградова, Манжоса, Боббе, ЦНИИМОД и его Украинского филиала и др. достаточно осветили вопросы строгания, причем явление волнообразования при строжке никаких сомнений на сегодняшний день не вызывает.

Тем не менее вновь приходится вернуться к этому вопросу в связи с теми выводами,

которые преподносятся в работах проф. М. А. Дешевого, трактующего вопрос идентично с Fletcher'ом.¹

Обозначая через:

r — радиус круга резания,

n — число оборотов ножевого вала в одну минуту,

¹ Kaufmännische Holzverwertung, Holzhandel und Sägebetrieb, том II.

δ — подачу на один нож (по Дешевому— S),

z — число ножей,

V — скорость резания и

v — скорость подачи,

получаем обычные формулы:

$$V = \frac{2\pi r n}{60} = \frac{\pi D n}{60}, \quad (1)$$

$$v = \frac{\delta \cdot z \cdot n}{1000 \cdot 60}, \quad (2)$$

которые приводит проф. М. А. Дешевой на стр. 347 своего курса (формулы 369 и 370). В дальнейшем проф. М. А. Дешевой определяет из формулы (1) $n = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D}$ и, подставляя полученное значение в формулу (2), получает:

$$v = \frac{\delta \cdot z}{2\pi r \cdot 1000} V. \quad (3)$$

Закключение делается такое.

„При данном δ для повышения производительности теоретически (Подчеркнуто мною. А. Б.) нужно выбирать возможно большими V и z и возможно меньшим r (Дешевой, стр. 348). Таким образом проф. Дешевой ставит „теоретически“ производительность в зависимость от радиуса ножевого вала, исходя из чисто кинематических формул; совершенно понятно, что так как $V = r\omega$ (где ω — угловая скорость), то $v = \frac{\delta \cdot z \cdot \omega}{2\pi \cdot 1000}$, т. е. скорость

подачи v от радиуса не зависит, а зависит от угловой скорости ω или, что то же самое, от числа оборотов n (так как $\omega = 6n$ градусов/сек), числа ножей z и подачи на нож δ .

В дальнейшем, анализируя процесс строгания по Флатчеру, проф. М. А. Дешевой приходит, как и Флатчер, к формуле для определения производительности строгания следующего вида (стр. 351, формула 387):

$$v = \frac{r \cdot z \cdot n \cdot \sin \omega t_1}{30}, \quad (4)$$

где t_1 — время в секундах, соответствующее дуге циклоиды oi (рис. 1).

Вывод делается следующий:

„Из последнего равенства следует, что v растет с увеличением r , но это происходит потому, что вместе с r при постоянном n растет скорость V , влияющая, как мы видели выше, на увеличение производительности“. Однако совершенно понятно,

что в формуле (3) ничего с производительностью не произойдет при $n = \text{const}$, так как одновременно с увеличением V будет также изменяться r по общеизвестной формуле (1). Таким образом ссылка проф. М. А. Дешевой на то, что формула (4) подтверждается формулой (3), не верна. Наоборот, в них заложено глубокое противоречие. Решая вопросы по формуле (4), мы получим при $z = \text{const}$ и $n = \text{const}$ увеличение v с увеличением r (по Дешевому). Вместе с тем при тех же условиях по формуле (3) v не изменится, так как $\omega = 6n = \text{const}$. Продолжая выводы на той же стр. 351, проф. М. А. Дешевой получает формулу для подачи на зуб (формула 389):

$$\delta = 2v \left(t_1 + \frac{30}{z \cdot n} \right). \quad (5)$$

Сопоставляя этот результат с формулой (4), где v зависит от r , приходим к выводу, что и $\delta = f(r)$, т. е. длина волны при строгании зависит от радиуса круга резания. Получается нечто невероятное. В самом деле, если следовать предлагаемым выводам, то получим следующее.

Имеем 2 ножевых вала.

1-й в вал: $D_1 = 120$ мм; число ножей $z_1 = 2$; число оборотов $n_1 = 3000$. Следовательно число врезаний в минуту будет $n_1 z_1 = 6000$. Пусть за 1 минуту подводится к ножам 6-метровая доска. Следовательно 6000 ножей врежутся в 6000 мм доски.

По практике:

$$\frac{6000 \text{ мм}}{6000 \text{ резов}} = 1 \text{ мм на рез.}$$

2-й в вал: $D_2 = 200$ мм; число ножей $z_2 = 2$; число оборотов $n_2 = 3000$. Следовательно число врезаний в 1 минуту будет $n_2 z_2 = 6000$. Пусть за 1 минуту подводится к ножам 6-метровая доска. Следовательно 6000 раз ножи врежутся в 6000 мм доски.

По теории проф. Дешевского:

$$\frac{6000 \text{ мм}}{6000 \text{ резов}} \neq 1 \text{ мм!}$$

Что же здесь — расхождение теории с практикой или ошибочная мысль автора нового вывода?

К сожалению, и проф. М. А. Дешевой и Флатчер допустили одни и те же ошибки при выводах и, доверившись математической формуле, сделали свои заключения в ущерб ясному практическому пониманию процесса.

Поскольку выводы эти широко опубликованы (в 10 000 экземпляров) и могут ввести в заблуждение производственников и лиц, изучающих механическую технологию дерева, считаю необходимым привести вывод проф. М. А. Дешевым и Флатчером формулы (4) и указать всю цепь ошибок.

Вывод проф. М. А. Дешевого.

Ветвь циклоиды OiP_1CBLCP_3bF соответствует актуальному пути 1-го ножа (рис. 1). Ветвь циклоиды lC_2ida соответствует актуальному пути 3-го ножа. Ветвь циклоиды $2ruab$ соответствует актуальному пути 2-го ножа. Точка i , принадлежащая актуальному пути 1-го и 3-го ножей, определяется следующими уравнениями в прямоугольной системе координат:

$$x_1 = vt_1 + r \cdot \sin \omega t_1; \quad y_1 = r(1 - \cos \omega t_1). \quad (6)$$

$$x_3 = vt_3 + r \cdot \sin \omega t_3; \quad y_3 = r(1 - \cos \omega t_3). \quad (7)$$

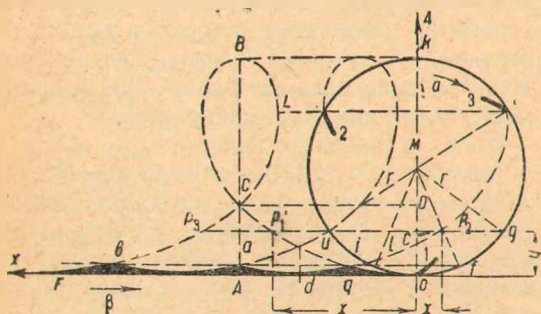


Рис. 1.

Здесь значки у букв показывают, к какому ножу относятся уравнения; v — скорость подачи бруска, t_1 — время, соответствующее дуге oe , а t_3 — время, соответствующее дуге $eOl = Oe + Ogl$, откуда следует, что

$$t_3 = t_1 + \frac{360^\circ}{\omega \cdot z}, \quad (8)$$

где z — число ножей.

Для точки i :

$$x_1 = x_2 \text{ и } y_1 = y_2 \quad (9)$$

или, производя подстановки в уравнение (9) из равенства (6), (7) и (8), получаем:

$$vt_1 + r \sin \omega t_1 = v \left(t_1 + \frac{360^\circ}{\omega z} \right) +$$

$$+ r \sin \omega \left(t_1 + \frac{360^\circ}{\omega z} \right)$$

или

$$\frac{360^\circ \cdot v}{\omega \cdot z} = r(\sin \omega t_1 - \sin \omega t_3).$$

Далее проф. Дешевой пишет: „Но для точки i на ветви OiC время t_1 отвечает углу OMe , а для точки b на ветви FbC или аналогичной ей точки i на ветви dC_2l время t_3 отвечает углу $360^\circ - \angle OMf = 360^\circ - \angle OMe$, поэтому $\sin \omega t_3 = -\sin \omega t_1$ и

$$\frac{360 \cdot v}{\omega z} = 2r \sin \omega t_1,$$

откуда

$$v = \frac{r \cdot z \cdot \omega \cdot \sin \omega t_1}{180}.$$

а так как $\omega = 6n$, то

$$v = \frac{r \cdot z \cdot n \cdot \sin \omega t_1}{30}.$$

Эта формула абсолютно неверна, как и весь приведенный выше вывод.

Уравнение $x = vt_1 + r \sin \omega t_1$ справедливо для всех точек актуального пути 1-го ножа, где отсчет ведется от точки O — начала координат. Отнюдь нельзя это уравнение распространять в таком виде на актуальный путь 3-го ножа или вообще при z ножах на траекторию z го ножа.

В той же системе координат уравнение будет иметь вид:

$$x_z = vt_z + r \sin \left[\frac{360}{z} (z-1) + \omega t_z \right]$$

так как отсчет угла поворота надо вести для всех траекторий от точки O по часовой стрелке. Нож третий или вообще z -ый к началу движения находится на дуге круга резания на расстоянии, соответствующем углу поворота $\frac{360}{z}(z-1)$, откуда и надо вести отсчет. Это — первая ошибка.

Далее, левой части полуокружности резания соответствуют ветви циклоид, имеющие выпуклость в левую сторону, а правой части полуокружности соответствуют ветви циклоид, имеющие выпуклость в правую сторону.

Поэтому проф. Дешевой ошибается, когда для точки i на третьей циклоиде полагает аналогию с точкой b на первой циклоиде. Здесь уравнение будет несколько отличного вида, так как будет иметь место начальный дуговой отсчет, равный $\frac{360}{z}(z-1)$, в то время как для циклоиды первого ножа начальный отсчет равен нулю. Кроме того времени t_3 с ответствует не дуга $eOl = Oe + Ogl$, а дуга lfg , так как точка i

для третьего ножа лежит на выпуклой в правую сторону части циклоиды; следовательно и лезвие ножа должно быть на правой части окружности резания, а не на левой, что очень легко проверить непосредственно по чертежу циркулем.

Помимо того сам проф. М. А. Дешевой на той же странице (350) несколькими строчками ниже говорит, что для точки i времени t_1 соответствует $\angle OMe$, а времени t_3 соответствует $\angle 360 - OMe$, что подтверждает правильность моего замечания. При этом получается:

$$t_3 = \frac{360}{\omega z} - t_1, \text{ а не } t_3 = t_1 + \frac{360}{\omega z},$$

как то дает проф. М. А. Дешевой.

На основании этих ошибок и получился абсолютно неверный, идущий в разрез с практикой вывод. Если использовать приведенные мною коррективы, то получим:

$$x_1 = vt_1 + r \sin \omega t_1$$

$$x_3 = vt_3 + r \sin \left[\frac{360}{z} (z-1) + \omega t_3 \right] = vt_3 - r \sin \left(\frac{360}{z} - \omega t_3 \right)$$

$$y_1 = r(1 - \cos \omega t_1)$$

$$y_3 = r \left\{ 1 - \cos \left[\frac{360}{z} (z-1) + \omega t_3 \right] \right\} = r \left[1 - \cos \left(\frac{360}{z} - \omega t_3 \right) \right]$$

и

$$t_3 = \frac{360}{\omega z} - t_1,$$

что соответствует дуге

$$l_{gf} = l_{gfO} - Oe = \frac{360}{z} - Oe.$$

Время же t_2 получаем, разделив угловой путь на угловую скорость ω .

Приравнявая $x_1 = x_3$ и $y_1 = y_3$, получим:

$$vt_1 + r \sin \omega t_1 = vt_3 - r \sin \left(\frac{360}{z} - \omega t_3 \right),$$

или, после подстановки значения t_3 , получаем:

$$\begin{aligned} 2vt_1 + 2r \sin \omega t_1 &= \frac{360 \cdot v}{\omega z} = \\ &= \frac{360 \cdot v}{6 \cdot n \cdot z} = \frac{60v}{n \cdot z} = \delta, \end{aligned}$$

т. е. подаче на 1 нож, что понятно и без всяких теоретических доказательств.

Из соотношения $y_1 = y_3$ получим после подстановки:

$$\begin{aligned} r(1 - \cos \omega t_1) &= \\ &= r \left[1 - \cos \left(\frac{360}{z} - \omega t_3 \right) \right] \end{aligned}$$

или

$$\cos \omega t_1 = \cos \left(\frac{360}{z} - \omega t_3 \right)$$

т. е., что $\angle IMO = \angle OMf$, что само собой понятно. Ничего другого это математическое изложение не дает. Понятно, что все приводимые в дальнейшем проф. Дешевым и Флатчером на основе неверно полученной формулы примеры и выводы должны быть опущены.

Другая серьезнейшая ошибка заключается в следующем.

Проф. Дешевой, рассматривая различные способы заточки реза, выявляет зависимость скорости подачи от заточки реза и характеризующих резание углов. Беря обычный случай вогнутой заточки, проф. Дешевой, солидаризируясь с G. Pause, путем длинных алгебраических выкладок приходит к расчетным формулам, по которым предлагает определять максимальную скорость подачи.

Не приводя всех выкладок, так как дело в основном не в них, остановлюсь на чертеже и на основных рассуждениях проф. М. А. Дешевого (рис. 2, а по Дешевому—275).

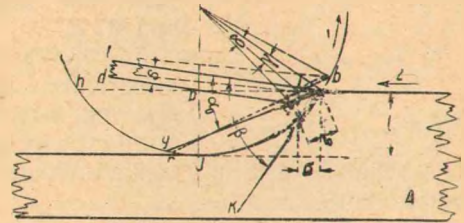


Рис. 2.

Проф. Дешевой (а также G. Pause) считает, что максимальная скорость подачи должна быть такова, чтобы в период выхода ножа по стрелке 1 из надвигающейся по стрелке 2 древесины А последняя не упиралась бы в спинку ножа ac , т. е. при повороте ножа на угол $\delta - \gamma$ затылок ножа c должен оказаться в точке i на горизон-

тали ah верхней пласти бруска или $\sigma = ai$ есть максимальная подача, соответствующая углу поворота ножа $\delta - \gamma = \cos i = = aob$.

Таким образом, обозначая через t время поворота ножа на угол $\delta - \gamma$, получаем:

$$v_{max} = \frac{\sigma}{t},$$

но

$$t = \frac{\delta - \gamma}{\omega},$$

где ω — угловая скорость.

Следовательно

$$v = \frac{\sigma \cdot \omega}{\delta - \gamma}.$$

„Из этого выражения вытекает, что при $z = 0$ и $v = 0$, т. е. подача будет невозможна благодаря упору в поверхность обработки задней грани ca резца“ — пишет проф. М. А. Дешевой.

Во всех формулах, рисунках и рассуждениях проф. М. А. Дешевого однако отсутствуют такие факторы, как тело самого вала, число ножей и выставка ножей над телом вала.

Практику совершенно понятно, что решать вопрос о производительности по одному ножу, висящему в воздухе, нельзя.

В самом деле: возьмем ножевой вал фирмы Frankfurter Maschinenfabrik (рис. 3, а у проф. Пресса „Механ. обр. дерева“ рис. 112).

Для устранения вылетания ножей имеется выступ a , препятствующий

продвижению ножа под действием центробежной силы.

Попробуем теперь применить рассуждения проф. Дешевого для ножа, абстрагированного от вала, к практическим условиям работы (рис. 4).

При подаче, рассчитанной по данным проф. М. А. Дешевого, брусок подойдет вплотную к телу вала в то время, когда второй нож еще очень далек от резания. Что же произойдет дальше, если конструктор доверится абстрактному расчету проф. М. А. Дешевого? Работа станет невозмож-

ной, ибо тормозная колодка (древесина) прижмется к телу вала, дерево начнет гореть и движение прекратится.

Если использовать ножевые валы иных конструкций, где придется считаться с различными выставками ножей, то совершенно понятно из рис. 5, что выставкой ножа пренебречь также нельзя.

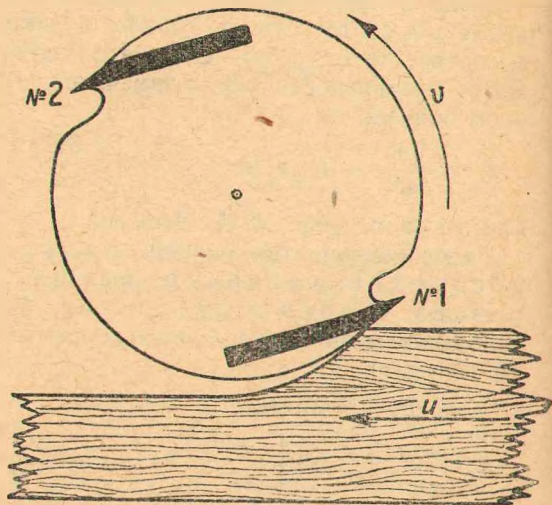


Рис. 4.

Совершенно понятно также, что в зависимости от количества ножей момент подрезания древесины можно приблизить или удалить.

При одном количестве ножей торможение древесины о вал может иметь место, при другом количестве мы можем его устранить (рис. 5, пунктирные ножи). Ведь весь основной смысл многоножевых валов, при которых можно перейти к подаче в 300 м/мин, состоит в этом.

Проф. Дешевой однако считает возможным обойтись без этих практических „мелочей“. В примере 78 на стр. 364 он дает следующее задание:

- d — диаметр круга резания = 120 мм,
- l — высота снимаемого слоя = 5 мм,
- s — толщина ножа = 8 мм,
- R — радиус заточки = 100 мм,
- α — угол заострения = 40° ,
- e — угол резания = 50° ,
- V — скорость резания = 25 м/сек или

$$n = \frac{60 \cdot V}{\pi d} = 4160 \text{ в 1 мин.}$$

И несмотря на то, что по заданию не имеется числа ножей z , выставки ножей и

диаметра самого ножевого вала, проф. Дешевого определяет скорость подачи:

а) при вогнутой заточке $v = 57$ м/мин,
 б) при прямой заточке $v = 342$ м/мин.

В этой задаче любопытно следующее.

При ее решении на стр. 365 проф. Дешевого получает, что $\gamma \approx 0$. Если мы обратимся к рис. 2 (а по Дешевому — 275), то увидим, что $\gamma = 0$ только тогда, когда точка c при повороте на угол $\delta - \gamma = \delta - 0 = \delta$ перейдет в положение i , в данном случае совпадающее с точкой a ; но тогда $\sigma = 0$, т. е. по предыдущим верным рассуждениям проф. М. А. Дешевого движения нет, ибо $v = 0$!

Положение производственного буквально безвыходно: скорость подачи $v = 345$ м/мин при отсутствии самого движения! Вот к чему приводит абстракция, оторванная от живой действительности.

Фактически же например при обычных двух ножах получаем следующее (рис. 6).

Впредь до выхода второго ножа из древесины нельзя подать брусок на большую величину чем u . Пусть выставка ножа $x = 2$ мм. Остальные условия задачи те же. Тогда диаметр вала $d_0 = 120 - 2x = 116$ мм.

Определяем

$$bc = \sqrt{r_0^2 - (r_0 + x - l)^2} = \sqrt{58^2 - 55^2} = 18,4;$$

определяем

$$ac = \sqrt{60^2 - 55^2} = 24 \text{ мм.}$$

Отсюда

$$ab = y = 24 - 18,4 = 5,6 \text{ мм.}$$

До поворота второго ножа на 180° нельзя подать брусок больше чем на 5,6 мм. Зная это, легко определить скорость подачи.

Время для одного полного оборота ножа = $\frac{60}{n}$. Следовательно для поворота на 180° , т. е. для полуоборота, потребуется:

$$\frac{60}{2n} \text{ сек} = \frac{60}{2 \cdot 4160} \text{ сек.}$$

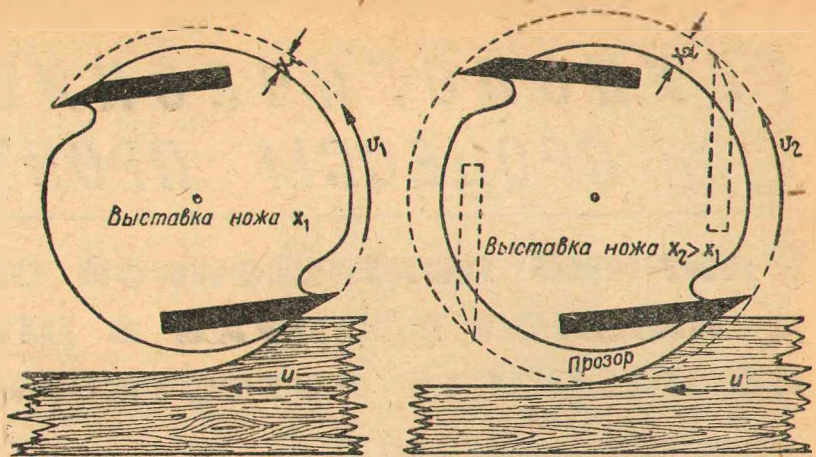


Рис. 5.

Следовательно

$$v_{\text{акс}} = \frac{5,6 \cdot 4160 \cdot 2}{60 \cdot 1000} = 0,7765 \text{ м/сек}$$

или $\approx 46,6$ м/мин вместо $v = 345$ м/мин по неверному расчету проф. М. А. Дешевого.

Только при 16 ножах возможно безболезненно принять результат расчета проф. М. А. Дешевого!

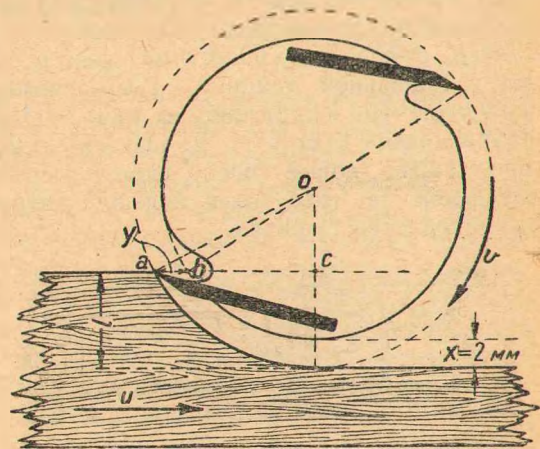


Рис. 6.

В связи с изложенным весь раздел о строгании в книге проф. М. А. Дешевого „Механическая технология дерева“ должен быть устранен как совершенно неверный, вводящий в глубокое заблуждение студентов и лиц, изучающих процесс резания древесины, и могущий привести к неверным решениям вопросов на производстве.