

УДК 537.525.7:621.762

С. С. Карпович¹, С. И. Карпович²¹Филиал БНТУ «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ»²Белорусский государственный технологический университет**РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ЗАТОЧКИ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Заточка лезвийного инструмента – периодически повторяемая операция на протяжении всего времени его эксплуатации. Качество проведения этой операции определяет его ресурс и эффективность всего технологического процесса в целом. Целью работы является изучение возможности минимизировать объем удаляемого инструментального материала в процессе заточки. Проблема имеет практическое значение в связи с тенденцией применения все более дорогих инструментальных материалов.

В статье приведена методика количественной оценки эффективности заточки дереворежущего инструмента в зависимости от характера затупления. Методика расчета заключается в определении минимального объема снимаемого материала, и минимизации объема затрат при проведении операции для разных схем заточки – по задней или по передней и задней поверхностям. Методика оценки схем заточки инструмента позволяет расчетным путем определить эффективность выбора схем заточки (по передней, по задней, или по двум поверхностям одновременно). Расчетным путем доказана целесообразность заточки лезвийного инструмента по двум поверхностям – передней и задней. При этом уменьшается объем снимаемого припуска, расход абразивного инструмента и в целом повышается эффективность всей операции. При рассматриваемых в статье линейных и угловых параметрах заточка по двум поверхностям является более экономной операцией по минимизации сечения снимаемого припуска в 1,38 раза. Заточка инструмента только по задней поверхности уменьшает его ресурс в 1,6 раза.

Ключевые слова: лезвия, резцы, заточка, резание, древесина, оптимизация.

S. S. Karpovich¹, S. I. Karpovich²¹Branch of the BNTU “Institute for Advanced Studies and Retraining for New Areas of Engineering, Technology and Economy BNTU”²Belarusian State Technological University**CALCULATION METHOD FOR DETERMINING OPTIMAL PARAMETERS
FOR SHARPENING WOOD-CUTTING TOOLS**

Sharpening a blade tool is a periodically repeated operation throughout the entire time of its operation. The quality of this operation determines its resource, the quality of products, their cost and the efficiency of the entire process as a whole. The purpose of the article is to study the possibility of minimizing the volume of removed tool material in the process of sharpening blade woodworking tools. The problem is relevant and has practical significance in connection with the trend of using increasingly expensive tool materials.

The article presents a method for quantifying the effectiveness of sharpening a wood-cutting tool, depending on the nature of blunting and the applied sharpening angle. The method of calculation is to determine the optimal amount of material, in which a target function of the optimization is to minimize the cost of the tools instrumental in the re-sharpening tool on the front and back surface of the cutting element with the given geometrical parameters. The feasibility of sharpening the blade tool on two surfaces – the front and back – was proved by calculation. The feasibility of sharpening the blade tool on two surfaces – the front and back – has been proved by calculation. This reduces the amount of allowance to be removed, the consumption of the abrasive tool, and generally increases the efficiency of the entire operation. With the linear and angular parameters considered in the article, sharpening on two surfaces is a more economical operation to minimize the cross section of the removed allowance by 1.38 times. Sharpening the tool only on the back surface reduces its resource by 1.6 times.

Key words: blades, cutters, grinding, cutting, wood, optimization.

Введение. Формирование режущих элементов инструмента можно разделить на несколько этапов: первичное получение рабоче-

го клина, применение упрочняющих технологий и периодическое восстановление геометрических параметров режущего клина путем

заточки и доводки абразивным инструментом [1].

Новым направлением в повышении стойкости дереворежущего инструмента является применение сверхтвердых инструментальных материалов [2–4].

Обобщающим показателем эффективности, практической ценности инструмента является его стойкость, которая во многом зависит от качества проведения заключительной операции – заточки. Учитывая, что эта операция осуществляется многократно за время эксплуатации инструмента, следует ожидать существенного суммарного эффекта от повышения качества проведения этой операции.

Новые возможности в технологии обработки материалов резанием связаны с появлением сверхтвердых, инструментальных материалов (СТМ), с нанесением на рабочую поверхность инструмента многослойных износостойких покрытий [5, 6]. Такой инструмент имеет большую стоимость, и актуальными являются вопросы его рационального использования, в том числе и выбора оптимальной схемы заточки.

Заточку подразделяют на черновую, которую проводят после формирования режущего венца, и чистовую – для восстановления геометрических параметров зубьев после их затупления в процессе работы. На заводах – потребителях инструмента – более часто проводят чистовую заточку, остановимся на анализе этой операции [7].

Заточка по передней поверхности режущего клина ограничивает перемещение абразивного круга.

Заточка по задней поверхности связана с максимальным объемом удаляемого инструментального материала и расходом шлифовального круга, но более технологична в сравнении с первой схемой.

Заточка по двум поверхностям – передней и задней – более эффективна по расходу материалов и сохранению профиля режущих элементов. В этом случае встает вопрос о величине припуска, снимаемого по передней и задней поверхностям.

Для плюсовых зубьев рекомендуемое соотношение толщин сошлифовываемых слоев по задней и передней граням принимают равным двум [8]. Для разведенных зубьев такие конкретные рекомендации отсутствуют.

В первоначальный период работы инструмента происходит интенсивное затупление лезвия за счет удаления заусенца и дефектного микрослоя, образовавшегося при заточке [9–11].

При обработке нетеплопроводных материалов характерен износ с округлением режущей кромки. На рис. 1 приведены харак-

терные виды износа лезвия дереворежущего инструмента.

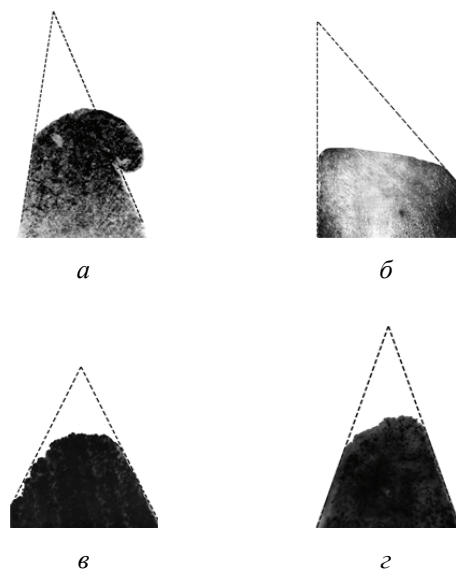


Рис. 1. Характерные виды износа дереворежущего инструмента:
а – резец из стали 9Х5ВФ, HRC = 45;
б – резец из стали У12;
в – резец из твердого сплава ВК 15;
г – резец из стали П18, HRC = 62

Если рациональность схемы заточки оценивать по минимизации потерь инструментального материала при ее проведении, встает практический вопрос, как ее осуществлять по передней, задней поверхностям или в каком соотношении снимать слой материала с передней и задней поверхностей.

Основная часть. Для расчета эффективности разных схем заточки лезвийного инструмента разработана методика количественной оценки этих операций. В основе методики положено соотношение сечений снимаемого припуска при заточке только по задней поверхности к суммарной площади снимаемого припуска при заточке по передней и задней поверхностям. Для упрощения расчета примем сечение режущей пластинки в форме ромба. Схема заточки представлена на рис. 2.

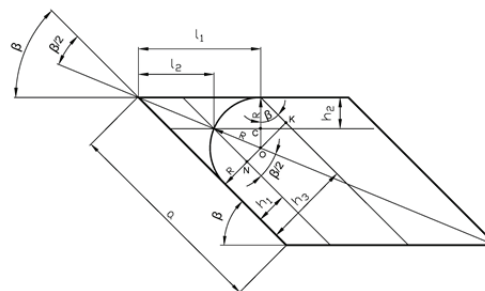


Рис. 2. Возможные схемы заточки лезвийного инструмента

Согласно рис. 2 снимаемый припуск при заточке только по задней поверхности будет равняться

$$h_3 = R + OK,$$

где $OK = R \sin \beta$.

$$\text{Тогда } h_3 = R + R \sin \beta.$$

При заточке одновременно по двум поверхностям снимаемый припуск по задней поверхности h_1 равняется

$$h_1 = R - NO,$$

где $NO = R \sin \frac{\beta}{2}$.

$$\text{Тогда } h_1 = R - R \sin \frac{\beta}{2}.$$

А снимаемый припуск по передней поверхности h_2 равняется

$$h_2 = R - OC; \quad \frac{OC}{R} = \sin \beta; \quad OC = R \sin \frac{\beta}{2}.$$

$$\text{Тогда } h_2 = R - R \sin \frac{\beta}{2}.$$

Отсюда следует, что если вершина режущей кромки находится на биссектрисе угла заточки, то отношение припусков, снимаемых при заточке по передней и задней плоскостям равняется

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{R - R \sin \frac{\beta}{2}}{R - R \sin \frac{\beta}{2}} = 1,$$

т. е. одинаковое.

Площадь сечения снимаемого слоя h_3 при заточке только по задней поверхности

$$S_3 = ah_3 = a(R + R \sin \beta).$$

Площадь сечения снимаемого слоя h_2 при заточке по передней поверхности

$$S_2 = ah_2 = a(R - R \sin \beta).$$

Площадь сечения снимаемого слоя h_1 при заточке по задней поверхности

$$S_1 = ah_1 = a(R - R \sin \beta).$$

Соотношение сечения снимаемого слоя при заточке только по задней поверхности к суммарной поверхности при заточке по двум поверхностям, передней и задней, равняется

$$\begin{aligned} \frac{S_3}{S_1 + S_2} &= \frac{a(R + R \sin \beta)}{a(R - R \sin \frac{\beta}{2}) + a(R - R \sin \frac{\beta}{2})} = \\ &= \frac{1 + \sin \beta}{2(1 - \sin \frac{\beta}{2})}. \end{aligned}$$

При угле режущего клина $\beta = 45^\circ$ получим числовое значение

$$\frac{1 + 0,707}{2(1 - 0,383)} = \frac{1,707}{1,234} = 1,38.$$

Расчет показывает, что заточка по двум поверхностям – более экономная операция по минимизации сечения снимаемого припуска в 1,38 раза. Дополнительным преимуществом является увеличение количества переточек.

При заточке только по задней поверхности при снятии припусков h_3 размер по передней поверхности уменьшается на величину l_1 .

$$\frac{l_1}{R} = \tan \frac{\beta}{2}; \quad l_1 = R \tan \frac{\beta}{2}.$$

При заточке по передней и задней поверхностям при снятии припуска h_1 и h_2 размер по передней поверхности уменьшается на величину l_2 .

$$\frac{l_2}{h_2} = \tan \frac{\beta}{2}; \quad l_2 = h_2 \cdot \tan \frac{\beta}{2}.$$

Подставив значение $h_2 = R(1 - \sin \frac{\beta}{2})$, получим

$$l_2 = R(1 - \sin \frac{\beta}{2}) \cdot \tan \frac{\beta}{2}.$$

Тогда при угле заточки $\beta = 45^\circ$ получим отношение

$$\begin{aligned} \frac{l_1}{l_2} &= \frac{R \cdot \tan \frac{\beta}{2}}{R(1 - \sin \frac{\beta}{2}) \tan \frac{\beta}{2}} = \frac{1}{1 - \sin \frac{\beta}{2}} = \\ &= \frac{1}{1 - 0,38} = 1,621. \end{aligned}$$

При заточке режущего клина по передней и задней поверхностям режущего клина количество переточек увеличивается в 1,6 раза.

Анализ уравнений показывает, что при заточке лезвийного инструмента объем снимаемого материала зависит только от угла заострения режущего клина. Эта зависимость приведена на рис. 3.

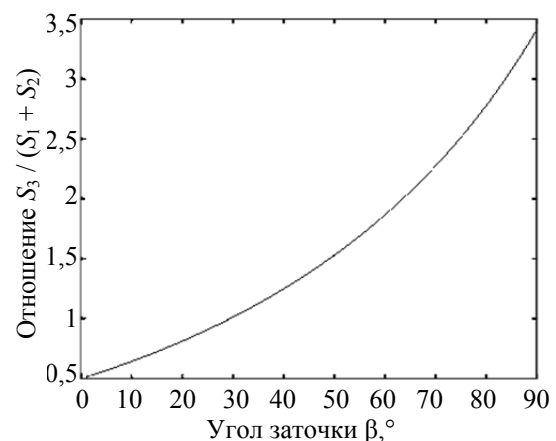


Рис. 3. Влияние углов заточки на соотношение площадей снимаемого припуска

На рис. 3 показана зависимость соотношения площадей снимаемого припуска только по задней поверхности к суммарной площади при заточке по двум поверхностям – задней и передней – в зависимости от угла заточки β . Это соотношение рассчитано по следующей программе в пакете Matlab:

```
clear, clc, clf;
for i=1:90
    betta(i)=pi*i/180;

    Krit(i)=(1+sin(betta(i)))/(2*(1-
    sin(betta(i)/2)));
end
plot(Krit)
xlabel('угол заточки b, °')
ylabel('Отношение S3/(S1+S2)');
alfa=pi*45/180
(1+sin(alfa))/(2*(1-sin(alfa/2)))
```

Зависимость указывает, что с увеличением угла заточки инструмента по двум поверхностям (задней и передней) эффективность такой схемы заточки возрастает.

Объем снимаемого припуска при заточке только по задней поверхности в 1,33 раза больше, чем при заточке по двум поверхностям – передней и задней. Количество переточек инструмента только по задней поверхности уменьшает его ресурс в 1,6 раза.

Стоимость современных СТМ выше других инструментальных материалов, поэтому при заточке такого инструмента становится экономически выгодным минимизировать отходы инструментального материала при выполнении этой операции и расход абразивного инструмента. При обработке древесины преимуществом является износ с округлением режущей кромки [12], и в дальнейших расчетах примем, что режущая пластинка в сечении представляет собой параллелограмм со сторонами a и b и углом заострения β . При затуплении рабочую поверхность резца в сечении можно представить как часть окружности радиуса R . В этом случае задача оптимизации может быть представлена как поиск такой точки, лежащей на окружности затупления, чтобы оставшаяся после заточки резца площадь была максимальной. На рис. 4 показана геометрическая интерпретация задачи нахождения оптимальных параметров заточки с минимизацией потерь инструментального материала.

При этом центр окружности относительно вершины, подвергшейся затуплению, будет смещен по горизонтали на x_0 и по вертикали на y_0 :

$$x_0 = \frac{R}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)}, \quad (1)$$

$$y_0 = R. \quad (2)$$

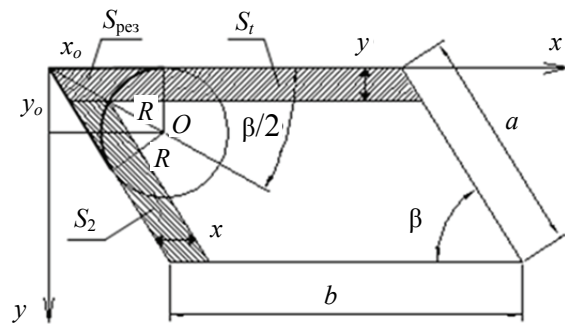


Рис. 4. Определение координат центра окружности и уравнения поверхности затупления режущего клина инструмента

Координаты точек, лежащих на поверхности затупления резца, можно найти из уравнения окружности:

$$\left(x - \frac{R}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)}\right)^2 + (y - R)^2 = R^2. \quad (3)$$

Из уравнения (3) можно выразить переменную x :

$$x = \frac{R}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - \sqrt{2Ry - y^2}. \quad (4)$$

Тогда площадь сечения снимаемого материала при заточке будет равна

$$S = S_1 + S_2 = by + \left(\frac{R}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - \sqrt{2Ry - y^2} - \frac{y}{\operatorname{tg}(\beta)} \right) \times (a \sin(\beta) - y), \quad (5)$$

где S – площадь снятого материала, мм^2 ; S_1 – площадь снятого материала по оси x , мм^2 ; S_2 – площадь снятого материала по оси y , мм^2 ; b – сторона параллелограмма геометрической интерпретации резца по оси x , мм ; y – координата точки на поверхности затупления радиуса R , мм ; R – радиус затупления резца, мм ; β – угол заострения резца, радианы; a – сторона параллелограмма геометрической интерпретации резца по оси y , мм .

Переменная y в уравнении (5) изменяется в пределах $y \in [0; R(1 + \cos(\beta))]$.

Минимизация снимаемой площади S приведет к такому же решению, что и задача макси-

мизации объема материала, остающегося после заточки резца.

Минимуму функции (5) соответствует уравнение

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial y} = & b + (a \sin(\beta) - y) \times \\ & \times \left(\frac{y - R}{\sqrt{2Ry - y^2}} - \frac{1}{\operatorname{tg}(\beta)} \right) - \\ & - \frac{R}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} + \sqrt{2Ry - y^2} + \frac{y}{\operatorname{tg}(\beta)} = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Решению уравнения (6) в общем виде препятствует то, что уравнение является полиномом четвертой степени. В связи с этим нахождение неизвестных x и y более целесообразно осуществить с привлечением ЭВМ в каком-либо математическом пакете.

При оптимизации нахождения допустимого радиуса затупления R , при котором необходима перезаточка инструмента, можно воспользоваться подходом, аналогичным решению задачи оптимизации количества снимаемого материала. В этом случае необходимо ввести дополнительный критерий, характеризующий эффективность работы режущего элемента по отношению к работе по подготовке и заточке инструмента.

Рассмотрим сечение режущей пластинки. В случае затупления резца по радиусу R площадь материала, диспергированного в процессе затупления резца, равна

$$S_{\text{рез}} = \frac{R^2}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - \frac{(\pi - \beta) \cdot R^2}{2}, \quad (7)$$

где $S_{\text{рез}}$ – площадь материала, теряемого в процессе затупления.

Площадь материала, снимаемого при заточке материала, равна разнице между площадью S в уравнении (5) и величиной $S_{\text{рез}}$ в формуле (7):

$$S_{\text{зат}} = S - S_{\text{рез}}, \quad (8)$$

где $S_{\text{зат}}$ – площадь материала, теряемого в процессе заточки.

Тогда критерий эффективности I_1 , равный отношению снимаемой площади при заточке к площади затупления, равен

$$I_1 = \frac{S_{\text{зат}}}{S_{\text{рез}}} = \frac{S - S_{\text{рез}}}{S_{\text{рез}}} = \frac{S}{S_{\text{рез}}} - 1. \quad (9)$$

Опустив константу, критерий можно упростить:

$$\begin{aligned} I_2 = \frac{S}{S_{\text{рез}}} = & by + \left(\frac{R}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - \sqrt{2Ry - y^2} - \frac{y}{\operatorname{tg}(\beta)} \right) \\ = & \frac{\frac{R^2}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - \frac{(\pi - \beta) R^2}{2}}{\frac{R^2}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - \frac{(\pi - \beta) R^2}{2}} \times \\ & \times \frac{\sin(\beta) - y}{\frac{R^2}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - \frac{(\pi - \beta) R^2}{2}}. \end{aligned} \quad (10)$$

С точки зрения максимизации объема удаляемого инструментального материала при заточке критерий I_2 должен быть минимален. Минимуму функции (10) соответствует уравнение

$$\begin{aligned} \frac{\partial I_2}{\partial R} = & \left(\frac{1}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - \frac{y}{\sqrt{2Ry - y^2}} \right) \times \\ & \times \frac{a \sin(\beta) - y}{\frac{R^2}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - \frac{R^2}{2}(\pi - \beta)} - \\ & - \left(\frac{2R}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - (\pi - \beta) R \right) \times \\ & \times \frac{by + \left(\frac{R}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - \sqrt{2Ry - y^2} - \frac{y}{\operatorname{tg}(\beta)} \right)}{\left(\frac{R^2}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - \frac{R^2}{2}(\pi - \beta) \right)^2} \times \\ & \times \frac{a \sin(\beta) - y}{\left(\frac{R^2}{\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right)} - \frac{R^2}{2}(\pi - \beta) \right)^2} = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

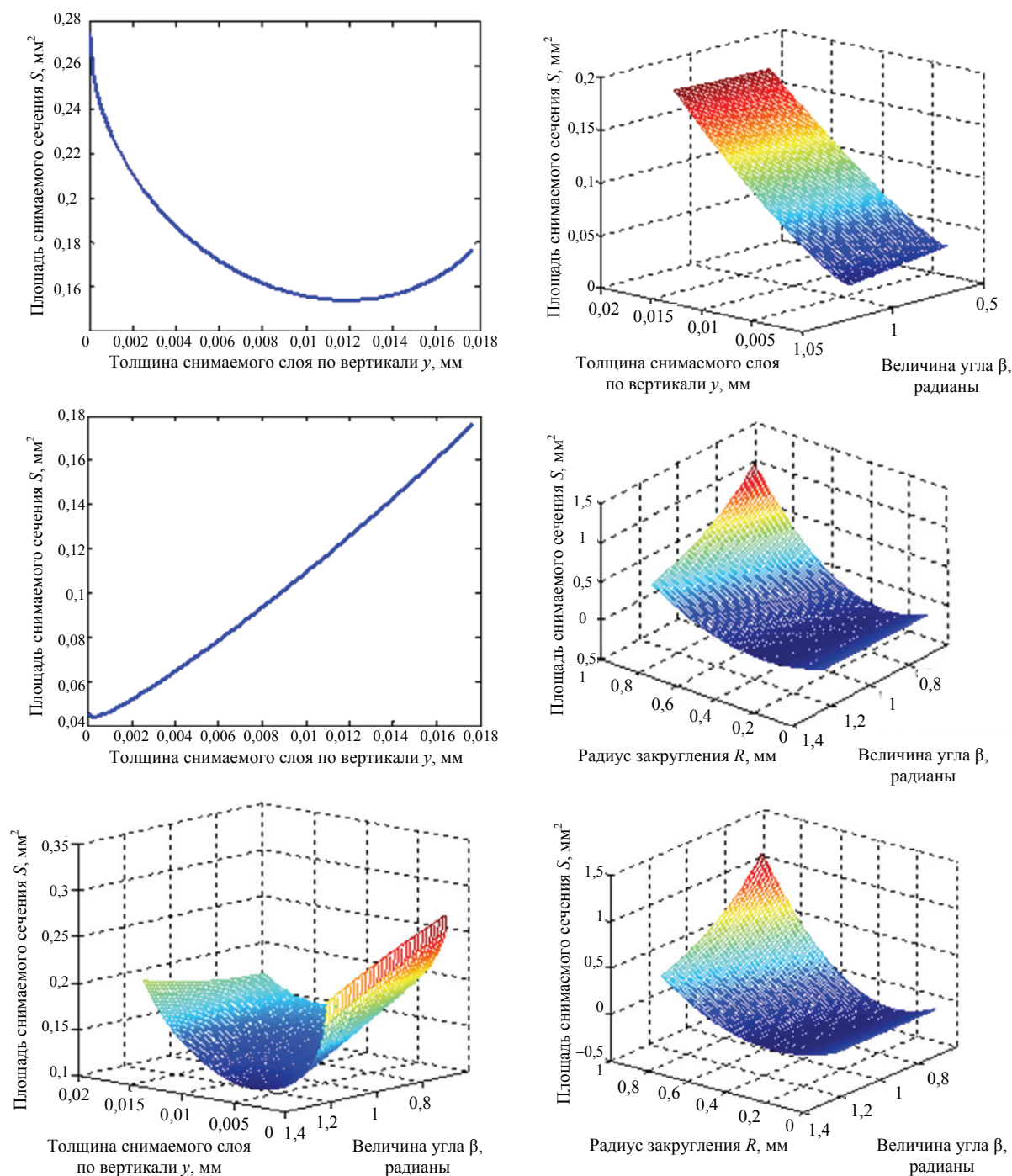


Рис. 5. Зависимости площади снимаемого материала от величин u , β , R

Таким образом, совместное решение уравнений (6) и (11) позволяет найти радиус затупления R , при котором необходимо производить операцию заточки.

Составлен код для математического пакета Matlab, обеспечивающий нахождение координат по горизонтальной x и вертикальной y осям, соответствующих минимальному расходу снимаемого материала при заточке инструмента в зависимости от радиуса затупления, размеров режущей части и угла заострения. Решение может быть представлено в графическом виде (рис. 5).

Предложенная методика определения эффективности схемы заточки лезвийного инструмента позволяет применять количественный критерий для оценки этой операции. В основе количественного критерия лежит отношение сечения снимаемого припуска при заточке режущего клина только по задней поверхности к суммарной площади сечения снимаемого припуска при заточке по задней и передней поверхностям. Чем больше значение этого параметра, тем меньше объем снимаемого материала при заточке и расход абразивного инструмента.

Заключение. Разработана методика количественной оценки эффективности разных схем заточки лезвийного инструмента. Метод основан на определении минимального объема снимаемого инструментального материала при проведении этой операции. Методика оценки схем заточки инструмента позволяет расчетным путем опреде-

лить эффективность выбора схем заточки (по передней, по задней, или по двум поверхностям одновременно). По соотношению объемов снимаемого припуска более эффективной является заточка режущего клина по передней и задней поверхностям. Заточка по задней и передней поверхностям увеличивает ресурс инструмента в 1,6 раза.

Список литературы

1. Ефремов В. Д., Ящерицын П. И. Технологическое обеспечение качества рабочих кромок инструмента и деталей. Минск: БАТУ, 1997. 251 с.
2. Бакучава Г. В. Применение сверхтвердых материалов в дереворежущем инструменте // Деревообрабатывающая промышленность. 1978. № 8. С. 3–4.
3. Моисеев А. В., Соболев Л. Г. Новые сверхтвердые инструментальные материалы // Деревообрабатывающая промышленность. 1973. № 8. С. 4–6.
4. Johnston J. C. Tooth side clearance requirements for high precision // Eastern Forest Products Laboratory, Environment Canadian Forestry Service. 1974. No. 9. P. 10.
5. Вершина А. К., Агеев А. В. Ионно-плазменные защитно-декоративные покрытия. Гомель: ИММСНАБ, 2001. 172 с.
6. Мацевитый В. М. Покрытия для режущих инструментов. Х.: Вища школа. Изд-во при Харьк. Университете, 1987. 128 с.
7. Хасдан С. М., Скворцов П. В. Совершенствование конструкций дереворежущих инструментов, методов их подготовки и эксплуатации // Сб. тезисов докладов Всесоюзной конференции. Л., 1973. С. 3–8.
8. Стахийев Ю. М. Работоспособность плоских круглых пил. М.: Лесная промышленность, 1989. 380 с.
9. Клубков А. П., Макаревич С. С., Рудак П. В. Теоретические представления о процессе излома кончика лезвия резца в начальный период работы // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2005. Вып. XIII. С. 208–212.
10. Krilov A. Non destructive method for continuous saw tooth wear assessment // Holz Rohund werkst. 1979. No. 9. P. 353–358.
11. Моисеев А. В. Комплексные исследования явлений, вызывающих износ дереворежущего инструмента // Механическая технология древесины. 1974. Вып. 4. С. 126–135.
12. Клубков А. П., Войтеховский Б. В. Критерии затупления дереворежущего инструмента при фрезеровании древесины и древесных материалов // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2007. Вып. XV. С. 222–224.

References

1. Efremov V. D., Yashcheritsyn P. I. *Tekhnologicheskoye obespecheniye kachestva rabochikh kromok instrumenta i detaley* [Technological quality assurance of the working edges of the tool and parts]. Minsk, BATU Publ., 1997. 251 p.
2. Bakuchava G. V. The use of superhard materials in the wood processing in-tool. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'* [Woodworking industry], 1978, no. 8, pp. 3–4 (In Russian).
3. Moiseev A. V., Sobolev L. G. New superhard tool materials. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'* [Woodworking industry], 1973, no. 8, pp. 4–6 (In Russian).
4. Johnston J. C. Tooth side clearance requirements for high precision. *Eastern Forest Products, Laboratory, Environment Canadian Forestry Service*, 1974, no. 9, p. 10.
5. Vershina A. K., Ageev A. V. *Ionno-plazmennyye zashchitno-dekorativnyye pokrytiya* [Ion-plasma protective and decorative coatings]. Gmel', HIMSNAБ Publ., 2001. 172 p.
6. Matsevityy V. M. *Pokrytiya dlya rezhushchikh instrumentov* [Coatings for cutting tools]. Khar'kov, Vishcha shkola. Izdatel'stvo pri Khar'kovskov Universitete Publ., 1987. 128 p.
7. Hasdan S. M., Skvortsov P. V. Improvement of designs of wood-cutting tools, methods of their preparation and operation. *Sbornik tezisev dokladov Vsesoyuznoy konferentsii* [Collection of abstracts of the all-Union conference]. Leningrad, 1973, pp. 3–8.
8. Staheev J. M. *Rabotosposobnost' ploskikh kruglykh pil* [Workability of flat circular saws]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1989. 380 p.
9. Klubkov A. P., Makarevich S. S., Rudak P. V. Theoretical ideas about the process of breaking the tip of the cutter blade in the initial period of work. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series II, Forestry and Woodworking Industry, 2005, issue XIII, pp. 208–212 (In Russian).

10. Krilo A. Non destructive method for continuous saw tooth wear assessment. *Holz Rohund werkst*, 1979, no. 9, pp. 353–358.

11. Moiseev A. V. Complex studies of phenomena that cause wear of wood-cutting tools. *Mekhanicheskaya tekhnologiya drevesiny* [Mechanical technology of wood], 1974, issue 4, pp. 126–135 (In Russian).

12. Klubkov A. P., Voytsekhovskiy B. V. Criteria for blunting wood-cutting tools when milling wood and wood materials. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series II, Forestry and Woodworking Industry, 2007, issue XV, pp. 222–224 (In Russian).

Информация об авторах

Карпович Сергей Семенович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Инновационные процессы». Филиал БНТУ «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ» (220107, г. Минск, пр-т Партизанский, 77, Республика Беларусь). E-mail: KarpovichSI@belstu.by

Карпович Семен Иванович – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник кафедры материаловедения и технологии металлов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: KarpovichSI@belstu.by

Information about the authors

Karpovich Sergey Semenovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department “Innovation process”. Branch of the BNTU “Institute for Advanced Studies and Retraining for New Areas of Engineering, Technology and Economy BNTU” (77, Partizansky Ave., 220107, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: KarpovichSI@belstu.by

Karpovich Semyon Ivanovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Leading Researcher, the Department of Material Science and Metal Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: KarpovichSI@belstu.by

Поступила 07.03.2020