

## ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫМИ И СИЛОВЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ ДВУХЛЕЗВИЙНЫМИ РЕЗЦАМИ НА ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩИХ СТАНКАХ

In this article opportunities of management by qualitative and power parameters of process of formation technological chips of double-blade cutters on milling-bar machines are described. Conditions of cutting of short and long cutting edges compound double-blade a cutter are considered, the analysis of a cross kind of cutting is resulted by various authors. For the first time the settlement circuit of distribution of forces of cutting on compound double-blade a cutter is submitted at formation technological chips. It allows to calculate components of forces of cutting both on lobbies, and on back sides double-blade a cutter, influencing on power and quality indicators of process of cutting of wood. New designs of cutters which enable to change independently conditions of cutting short and long cutters are submitted, to carry out linear displacement of a short cutting edge concerning long on size of an allowance sharp, and also to apply various strengthening technologies separately to each of cutting edges.

**Введение.** Переработка бревен на фрезерно-брусующем оборудовании имеет свои особенности. При этом горбыльная зона бревен измельчается на технологическую щепу. Режущий инструмент представляет собой фрезы разнообразных конструкций, одним из требований к которым является обеспечение необходимого фракционного состава технологической щепы и качества поверхности пилопродукции. Известны конструкции многоножевых фрез со спиральным расположением резцов, у которых ножи располагаются по пространственной спирали. Спираль, закручиваясь от периферии к центру, возвышается вдоль оси вращения инструмента. Каждый нож в спирали расположен с превышением относительно предыдущего на величину снимаемого им по толщине слоя древесины. Таким образом, размер толщины щепы, получаемой с помощью таких фрез, является постоян-

ным. На фрезе может быть расположено несколько ножевых спиралей. Главными преимуществами щепы, получаемой посредством агрегатов со спиральными торцово-коническими фрезами, является постоянство ее поперечного сечения и фракционного состава.

Кафедра деревообрабатывающих станков и инструментов БГТУ имеет большой опыт по исследованиям в этой области. Разработана и внедрена в производство серия машин типа БРМ. Получены авторские свидетельства на конструкции фрез и двухлезвийных резцов фрезерно-брусующих машин, обеспечивающих высокие размерно-качественные показатели получаемой пласти бруса и технологической щепы.

**Основная часть.** По конструкции резцы фрезерно-брусующей машины двухлезвийные (рис. 1), и формирование элементов щепы происходит двумя режущими кромками.

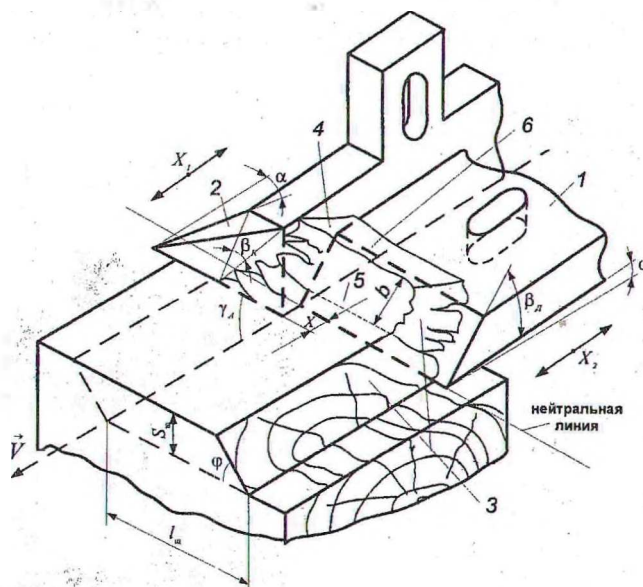


Рис. 1. Схема резания составным двухлезвийным резцом:

- 1 – подчищающий длинный резец; 2 – подрезающий короткий резец;  
 3 – наружный торец щепы; 4 – внутренний торец щепы; 5 – наружная пластъ щепы;  
 6 – внутренняя пластъ щепы.  $V$  – вектор скорости резания;  
 $b$  – ширина элемента щепы;  $l_{щ}$  – длина щепы;  $S_{щ}$  – толщина щепы

Короткая и длинная режущие кромки работают в различных условиях резания. Длинная режущая кромка – в условиях поперечного резания, и износ ее меньше в отличие от короткой режущей кромки, участвующей в поперечно-торцовом виде резания. Предложено использовать не цельные двухлезвийные, а составные резцы с независимыми угловыми параметрами и изучить их отдельное и взаимное влияние на качественные и силовые показатели процесса резания. Конструкция составного двухлезвийного резца позволяет производить замену резцов независимо друг от друга, что невозможно при цельной конструкции резца, а также рассмотреть работу режущих кромок, лежащих в разных плоскостях, со смещением и поворотом относительно нейтральной линии. Это позволит расширить возможности управления качественными и силовыми показателями формирования элементов щепы.

Кроме этого, каждый резец ножевой спирали проходит определенный путь резания, отличный от остальных. Разработана и обоснована программа расчета пути резания каждого резца до предельного его затупления. Это позволяет значительно сократить время на смену режущих элементов фрезы, производя замену их попарно, а не сразу всем комплектом; снизить простой рабочего времени машины за счет осуществления замены резцов в регламентированные перерывы; снизить расход абразивных кругов на подготовку инструмента; увеличить общую продолжительность работы комплекта сменных режущих элементов; экономить энергетические и материальные ресурсы.

На рис. 1. показана схема работы составного двухлезвийного резца, состоящего из резца 1 с длинной режущей кромкой со своими угловыми параметрами, и резца 2 с короткой режущей кромкой.

Резец 1 срезает ленту щепы, подрезанную с торца коротким резцом 2. Технологическая щепка имеет наружный торец 3, внутренний 4, наружную пласт 5 и внутреннюю 6.

Анализ условий работы резцов и процесса стружкообразования показывает, что в силу различного воздействия резцов на волокна древесины получаются и различные результаты этого воздействия как по силовым, так и по размерно-качественным показателям.

Различные условия резания режущих кромок цельного двухлезвийного резца предопределили их разделение путем перехода к использованию составных двухлезвийных резцов. Работа короткой режущей кромки двухлезвийного резца требует дополнительных теоретических и экспериментальных исследований. На качество получаемой технологической щепы наибольшее влияние оказывает короткая режущая кромка. Она является главной по отношению к длинной режущей кромке, так как

формирует торцовый срез щепы, требования к которому представлены в ГОСТ 15815-83 «Щепа технологическая». Стандарт определяет требования к щепе, предназначенной для целлюлозно-бумажного, гидролизного производства, для изготовления древесностружечных и древесноволокнистых плит.

Рассмотрим процесс резания древесины длинной режущей кромкой, работающей в условиях поперечного резания.

Необходимо рассмотреть два основных условия: формирование боковых поверхностей щепы всеми резцами и формирование поверхности пласти бруса. Требования к качеству боковых поверхностей щепы не регламентируются стандартом, и поэтому не нужно предпринимать никаких дополнительных действий по улучшению качественных показателей последних при условиях их формообразования.

Вопросами поперечного резания занимались различные ученые, среди которых наиболее значимый вклад внесли И. А. Тиме, А. Л. Бершадский, Н. А. Кряжев,, С. А. Воскресенский, Е. Г. Ивановский, М. А. Дешевой и др.

При резании древесины поперек волокон направление резания перпендикулярно направлению волокон, а сама поверхность обработки совпадает с плоскостью волокон. Энергетические и силовые характеристики этого вида резания зависят от различных факторов: геометрических и угловых параметров режущего инструмента, режимов резания и т. д.

На рис. 2, а, б представлены стружкообразование по И. А. Тиме.

С увеличением угла резания и толщины стружки вследствие слабой связи поперек волокон образуется стружка скалывания в виде отдельных элементов (рис. 2, б).

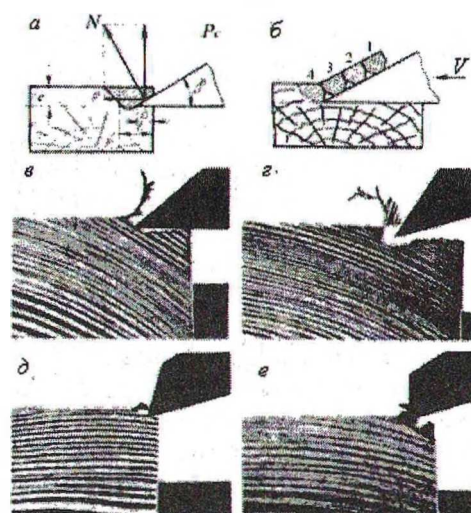


Рис. 2. Схемы резания поперек волокон: а, б, – стружкообразование по И. А. Тиме; рентгенограммы: в – при  $\delta = 45^\circ$ ; г – при  $\delta = 60^\circ$ ; д – при  $\delta = 75^\circ$ ; е – при  $\delta = 90^\circ$



При поперечном резании возможно образование стружки отрыва (рис. 2, *з*) в виде не связанных между собой элементов. Для этого вида стружкообразования характерны вырывы ниже плоскости резания – следствие того, что стенки клеток волокон древесины имеют значительную прочность и при нажиме на них лезвия клетки не перерезаются, а происходит вырыв нижележащих более слабых элементов. Это, в свою очередь, и является качественным показателем формируемой поверхности пласти бруса.

Рентгено снимки при  $\delta = 45-90^\circ$  показывают, что слоистость древесины, толщина стружки  $e$ , угол резания  $\delta$  существенно влияют на характер деформаций волокон древесины и их величину. Это отражается на стружкообразовании, влияет на силу и работу, затрачиваемую на процесс резания.

Шероховатость поверхности незначительная при образовании сливной ленточной стружки и возрастает при ленточной стружке с трещинами. На обработанной поверхности образуются вырывы при стружке скалывания, которые еще более ухудшают качество обработанной поверхности пласти бруса при образовании стружки отрыва [1].

Профессор С. А. Воскресенский, разрабатывая теорию элементарного резания древесины поперек волокон, отмечал, что шероховатость поверхности при резании древесины поперек волокон зависит от многих факторов и в конечном итоге определяется характером стружкообразования. При этом он различал три вида стружек: сливную стружку сдвига, стружку скалывания и стружку отрыва (рис. 3) [2].

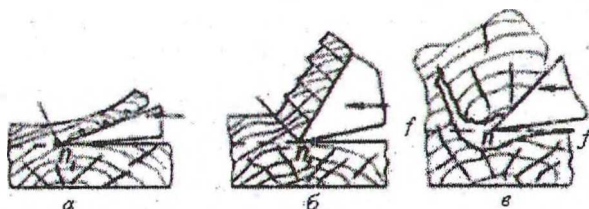


Рис. 3. Типы стружек при резании поперек волокон:  
*а* – сливная стружка сдвига;  
*б* – стружка скалывания; *в* – стружка отрыва

Образование каждой из перечисленных стружек обусловлено соотношением величин предельных и возникающих напряжений при различных деформациях в зоне резания [3].

И. А. Тиме предполагал, что резец очень (абсолютно) острый, поэтому действие его на древесину сводится к действию только передней грани; силы трения при скольжении древесины по передней грани малы, поэтому ими можно пренебречь.

Разработку теории И. А. Тиме сводил к расчету стружки на прочность при действии на нее силы, нормальной к грани переднего резца. При

этом не учитывались процессы, протекающие под поверхностью резания. В то же время установленные И. А. Тиме закономерности до сих пор не потеряли своего значения.

М. А. Дешевой в своей теории учел действие на древесину передней и задней граней резца и режущей его кромки и определил для разных условий сопротивление древесины резанию. М. А. Дешевой, как и И. А. Тиме, рассчитывал стружку на прочность, используя методы сопротивления материалов.

С. А. Воскресенским учтена волокнистая структура древесины. Он использовал теорию балки на упругом основании и методы реологии (реология – наука о деформациях и текучести вещества).

Модель двойной балки на упругом основании использовал при разработке теории резания М. А. Маккензи. Он и Н. Франц классифицировали стружку по геометрической форме, связывая ее с напряженным состоянием древесины при резании [4].

Резание древесины двухлезвийными резцами несколько отличается от резания однолезвийными и осуществляется следующим образом. Режущие кромки одновременно внедряются в древесину. Боковая кромка, расположенная под углом  $45^\circ$  к плоскости вращения фрезы и соответственно к волокнам древесины, производит подрезание волокон, а торцовая кромка, расположенная в плоскости вращения фрезы, параллельно волокнам, отделяет уже подрезанную часть от массива бревна. Стружка срезается в виде ленточки и сходит к передней грани длинного резца. Разделение стружки на элементы щепы происходит за счет нарушения связей между волокнами. Двухлезвийные резцы формируют длину и толщину щепы, а также угол торцового среза. Ширина щепы является величиной произвольной. Поверхность бруса формируется длинной режущей кромкой резца, выходящего на базовый торец фрезы.

Формирование элементов щепы при поперечном резании древесины сопровождается меньшими напряжениями деформации, особенно деформации вдоль волокон. Практически исключается смятие торцов элементов щепы.

Рассмотрим силовое взаимодействие составного двухлезвийного резца с древесиной при формировании элементов технологической щепы (рис. 4, *а*, *б*).

В процессе внедрения резца в древесину происходит постепенный рост напряжений.

Напряженное состояние срезаемого резцом слоя древесины характеризуется напряжениями в зоне контакта передней грани резца с древесиной, а также касательными и нормальными напряжениями в плоскости *Ob*, параллельной волокнам.





Таблица  
Расчетные значения силы резания

Автор	Расчетная величина	Численное значение	Размерность
П. С. Афанасьев	$K_{\#-1}$	19,1	$H/мм^2$
	$K_{\#}$	7,02	$H/мм^2$
	$F_{\#-1}$	635	$H$
	$F_{\#}$	880	$H$
	$F$	1515	$H$
А. Л. Бершадский	$K_{\#-1}$	7,3	$H/мм^2$
	$K_{\#}$	3,3	$H/мм^2$
	$F_{\#-1}$	240,4	$H$
	$F_{\#}$	410,4	$H$
	$F$	650,8	$H$
Ф. И. Коперин	$F$	644,5	$H$
Н. М. Вальщиков	$F$	572	$H$
ЛЛТУ	$F$	500	$H$

Нами проведены конструкторские разработки резцедержателей составных двухлезвийных резцов нескольких вариантов. Конструкции их изображены на рис. 5.

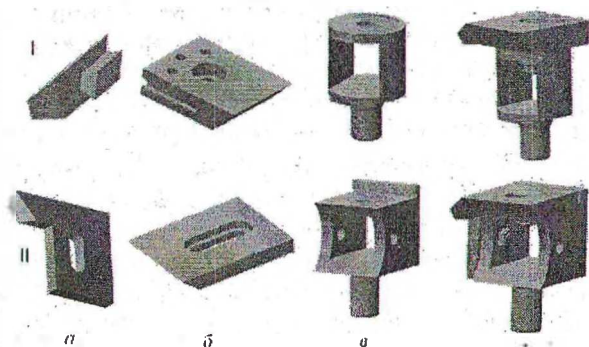


Рис. 5. Новые конструкции двухлезвийных резцов.

- а – подрезающий короткий резец;  
б – подчищающий длинный резец;  
в – резцедержатель; г – составной двухлезвийный резец в сборе

На рис. 5, а представлены 2 варианта конструкции короткого подрезающего резца. В первом случае резец прикрепляется непосредственно к длинному подчищающему резцу (рис. 5, б) посредством клинового соединения «ласточкин хвост». Далее собранные резцы прикрепляются на резцедержатель (рис. 5, в) или колонку при помощи потайного винта. Это необходимо для того, чтобы задняя грань длинного резца оставалась ровной, т. к. она непосредственно обращена к формируемой поверхности бруса и не должна являться причиной появления дополнительных кинематических неровностей (рисок), ухуд-

шающих в целом качество поверхности пласти бруса.

Первый вариант конструкции двухлезвийного резца (рис. 5, г) обладает широкими возможностями бесступенчатого регулирования угла поворота резца на колонке. В результате поворота двухлезвийного резца относительно резцедержателя вокруг оси центрального винта происходит трансформация угла заточки длинной режущей кромки, изменяется и передний угол при сохранении необходимого заднего угла. Но при этом изменяются и углы резания при короткой режущей кромке, что является недостатком данной конструкции.

Конструкция составного двухлезвийного резца, представленная во втором варианте, лишена указанного недостатка. Короткий подрезающий и длинный подчищающий резцы независимо крепятся на резцедержателе посредством винтов. Это дает возможность фиксировать задний угол и угол заточки при длинной и короткой режущих кромках, а также изменять эти параметры независимо друг от друга

Для изменения угловых параметров процесса резания такими резцами заменяется лишь тот резец на другой с измененными угловыми параметрами, условия резания которым мы хотим изменить. Таким образом, происходит независимое изменение условий резания коротким и длинным резцами.

**Выводы.** 1. Проведенные теоретические исследования позволяют обосновать методику проведения экспериментальных работ.

2. Новые конструкции двухлезвийных резцов дают возможность независимо изменять условия резания коротким и длинным резцами.

2. Угол поворота резца на колонке влияет на усилие подачи, касательную силу резания и качество среза торца щепы. С увеличением появляются сколы щепы с образованием вырывов на поверхности бруса. Качество среза торца щепы резко ухудшается.

#### Литература

1. Бершадский, А. Л. Резание древесины: учеб. Пособие / А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова. – Минск: Высшая школа, 1975. – 304 с.
2. Воскресенский, С. А. Резание древесины / С. А. Воскресенский. – М.; Л., 1955. – 199 с.
3. Кряжев, Н. А. Фрезерование древесины / Н. А. Кряжев. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 200 с.
4. Ивановский, Е. Г. Резание древесины / Е. Г. Ивановский. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – 200 с.