

OPTIMISATION OF THE DYNAMIC INDICATOR OF INTERACTION BETWEEN CHISELS AND THE WOOD OF THE CONICAL FACE MILLING CUTTERS (WITH SMALL NUMBER OF CHISELS) OF SAWING MACHINES

V.V. Taratin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Nothern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Russia

The work is related to the study and optimisation of the dynamic performance of interaction between chisels and the wood in the course of longitudinal milling using the conical face milling cutters (with small amount of chisels) of sawing machines. This dynamics is characterized by non-uniformity of the process load when using the specified milling cutters. It was quantitatively assessed by the indicator of non-uniformity of the technological load within the cycle of processing of logs and bars into sawn timbers and wood chips. For cutters with small number of chisels this dynamic indicator equals the ratio of the maximum total length of the cutting edges of the chisels to the average length of their cutting edges simultaneously involved in cutting throughout the cycle of wood processing (turn of the cutter). Conical face milling (conical) cutters with a small number of chisels were conventionally considered as a discrete set of square-shoulder mills, i.e. as a particular case of a cutter with many chisels. The process of interaction with between the chisels and wood within the processing cycle was divided into four zones (periods): I zone – period of cutting of all chisels into the timber; II zone - period of operation of all chisels of a group and subsequent extraction from timber; III zone – the period of gradual extraction of the group of chisels from the timber; IV zone – period of approaching the neighbouring group of chisels. The size and relative orientation of these zones in time in conditions of steady cutting define the different nature of interaction between chisels and the wood with the varying intensity of technological load. Author has obtained mathematical relationships between these zones, and taking them into account – determination of the index of uneven technological load per wood processing cycle; calculations were made and a number of parameters of cutters were substantiated. The author has determined the influence on the rate of non-uniformity of width, height of milling, as well as the angle of rotation of chisels in the centre plane of the cutter. The rational (optimal) location of double lip chisels (at two-row structure) on the milling cutter body is the following: the ratio of the width of a line of chisels with larger radius of cutting to the width of a line of chisels with smaller radius of cutting (at the calculated values of the milling process) is 1.25; the size of the non-covered area of the cutting edge at the smaller base of the cutter is 50 mm with a total width of 120 mm. This condition corresponds to the minimum maximum power of cutting along the length of the chips cut and the lowest indicator of uneven technological load per turn of the cutter.

Keywords: conical face milling cutter with a small number of chisels, index of uneven technological load, sawing unit.

Conference participant,
National championship in scientific analytics,
Open European and Asian research analytics championship


ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕЗЦОВ С ДРЕВЕСИНОЙ МАЛОРЕЗЦОВЫХ ТОРЦОВО-КОНИЧЕСКИХ ФРЕЗ ЛЕСОПИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

Таратин В.В., канд. техн. наук, доцент
Северный (Арктический) федеральный университет
им. М.В. Ломоносова, Россия

Работа посвящена изучению и оптимизации динамического показателя взаимодействия резцов с древесиной при продольном фрезеровании малорезцовыми торцово-коническими (коническими) фрезами лесопильных агрегатов. Эта динамика характеризуется неравномерностью технологической нагрузки при фрезеровании указанными фрезами. Она количественно оценивалась показателем неравномерности технологической нагрузки за цикл переработки брёвен и брусьев на пиломатериалы и технологическую щепу. Для малорезцовых фрез этот динамический показатель равен отношению максимальной суммарной длины режущих кромок резцов к средней длине их режущих кромок одновременно участвующих в резании за цикл переработки древесины (оборот фрезы). Торцово-конические (конические) малорезцовые фрезы условно рассматривались, как дискретный набор ступенчатых цилиндрических фрез, то есть как частный случай многорезцового фрезерного инструмента. Процесс взаимодействия резцов с древесиной за цикл её переработки был разделён на четыре зоны (периода): I зона - период врезания всех резцов группы их в древесину; II зона - период работы всех резцов группы и последовательного выхода их из древесины; III зона - период последовательного выхода резцов группы из древесины; IV зона - период подхода соседней группы резцов. Величина и взаимная ориентация во времени указанных зон при установившемся резании определяет различный характер взаимодействия резцов с древесиной с различной интенсивностью технологической нагрузки. Были получены математические зависимости указанных зон и с учётом их - зависимости определения показателя неравномерности технологической нагрузки за цикл переработки древесины, выполнены расчёты и обоснован ряд параметров фрез. Установлено влияние на показатель неравномерности ширины, высоты фрезерования, а также угла разворота резцов в диаметральной плоскости фрезы. Рациональным (оптимальным) при двухрядном расположении двухкромочных резцов на корпусе фрезы является такое - их расположение, чтобы отношение ширины ряда резцов с большим радиусом резания к ширине ряда резцов с меньшим радиусом резания (при расчётных значениях процесса фрезерования) составляло 1,25, величина перекрытого участка режущей кромки у меньшего основания фрезы - 50 мм при общей ширине фрезерования 120 мм. Это условие соответствует минимальной максимальной силе резания на длине срезаемой стружки и минимальному показателю неравномерности технологической нагрузки за оборот фрезы.

Ключевые слова: малорезцовая торцово-коническая фреза, показатель неравномерности технологической нагрузки, лесопильный агрегат.

Участник конференции,
Национального первенства по научной аналитике,
Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

 <http://dx.doi.org/10.18007/gisap:tsca.v0i10.1507>

Малорезцовые торцово-конические (конические) фрезы широко применяются в отечественном и зарубежном агрегатном лесопильном оборудовании: фрезернопильных, фрезерно-брусующих, фрезер-

но-обрезных станках. К достоинству этих фрез относится малая трудоёмкость изготовления и эксплуатации (по сравнению с многорезцовыми фрезами) в сочетании с высоким качеством получаемых пиломатери-

алов и технологической щепы для ЦБП [1, 2, 6, 7].

Однако анализ результатов экспериментальных исследований и опытно-производственных испытаний фрезернопильного оборудования с се-

рийно выпускаемыми малорезцовыми фрезами показал большую неравномерность технологической нагрузки за цикл переработки брёвен и брусьев и как следствие большие пиковые значения силы резания, особенно в комлевой части брёвен и брусьев, зачастую превышающих удерживающие усилия устройства подачи и базирования станков. Отсюда снижение объёмного выхода пиломатериалов и технологической щепы, их качества, надёжности и производительности оборудования, преждевременный выход из строя инструмента, повышенные энергозатраты в устройстве подачи и базирования, шум и вибрация [3]. Из-за несовершенства малорезцовых фрез 6-8% крайних досок поставка фрезернопильной линии ЛФП-2/3 имели выфрезеровки на наружной пласти, при этом около 2% - на длине более 1,5 м. Похожие проблемы возникали и при опытно-промышленной эксплуатации линии ЛАПБ-2 с малорезцовыми цилиндрическими фрезами [5, 6].

Анализ конструкций отечественных и зарубежных фрез, изучение процессов прерывистого и непрерывного взаимодействия резцов с древесиной позволили нам выдвинуть гипотезу, что для обеспечения требований ресурсосбережения необходима оптимизация конструкции фрез, минимизирующая максимальную мгновенную силу резания на дуге срезаемой стружки и как следствие - неравномерность технологической нагрузки.

Указанное предположение для малорезцовых фрез можно выразить следующей целевой функцией

$$\eta = l_{\max} l_{\text{cp}}^{-1} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где η - показатель неравномерности технологической нагрузки (силы резания за цикл переработки древесины - за оборот фрезы);

l_{\max} и l_{cp} - соответственно максимальная суммарная и средняя длина режущих кромок одновременно работающих резцов.

Различные варианты малорезцовых торцово-конических (конических) фрез представлены на рис. 1.

В отличие от многорезцовых фрез они не имеют явно выраженного спи-

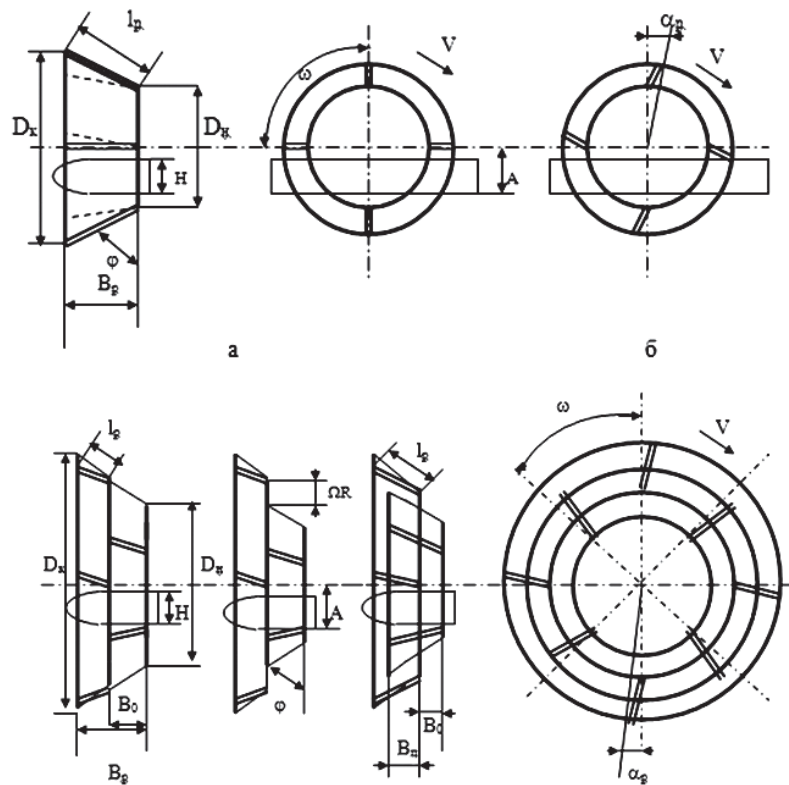


Рис. 1. Расчетные схемы малорезцовых конических фрез: а - $Z = 4$; режущие кромки резцов установлены без разворота при $\varepsilon = 0$; б - $Z = 4$; режущие кромки резцов установлены с разворотом в диаметральной плоскости фрезы при $\varepsilon > 0$; в - $Z = 8$; $\varepsilon > 0$; бесступенчатая коническая ($\Omega R = 0$); г - $Z = 8$; $\varepsilon > 0$; ступенчатая коническая ($\Omega R > 0$) с не перекрытыми смежными резцами в осевом направлении фрезы ($B_n = 0$); д - $Z = 8$; $\varepsilon > 0$; ступенчатая коническая ($\Omega R > 0$) с частично перекрытыми смежными резцами в осевом направлении фрезы ($B_n > 0$)

рального расположения резцов на корпусах фрез. Но расположение резцов для этого типа фрез можно условно также рассматривать как спиральное, только при числе резцов в спирали равно единице ($Z/k = 1$, где Z - число резцов фрезы; k - число условных спиралей) спирали будут условные («вырожденные»).

Случай «вырожденного» спирального расположения резцов при $Z/k = 1$ соответствует конструкции фрезы (рис. 1а,б), когда проекция длины режущей кромки l_p равняется проекции ширины фрезерования B_p на ось вращения фрезы. Это случай однорядного расположения резцов в осевом направлении фрезы. При этом возможно два варианта пространственного расположения резцов. Первый вариант (рис. 1а), при $\varepsilon = 0$, где ε - это угол между проекцией режущей кром-

ки резца на плоскость перпендикулярную оси вращения фрезы и её диаметральной плоскостью, проходящей через торцовый конец резца. Второй вариант (рис. 1б), при $\varepsilon > 0$.

Случай двухрядного расположения резцов в осевом направлении фрезы представлен на рис. 1в,г. Возможно два конструктивных варианта малорезцовой торцово-конической (конической) фрезы при $Z/k > 1$, $\varepsilon \geq 0$. Первый вариант (рис. 1в) это бесступенчатая фреза, когда параметр ступени $\Omega R = 0$. В этом случае смежные резцы (резцы, относящиеся к одной спирали) не перекрывают друг друга в осевом направлении фрезы $B_n = 0$. Второй вариант (рис. 1г) это ступенчатая фреза, когда параметр $\Omega R > 0$. Он может предусматривать два исполнения. Одно исполнение (рис. 1г), когда смежные резцы не перекрывают

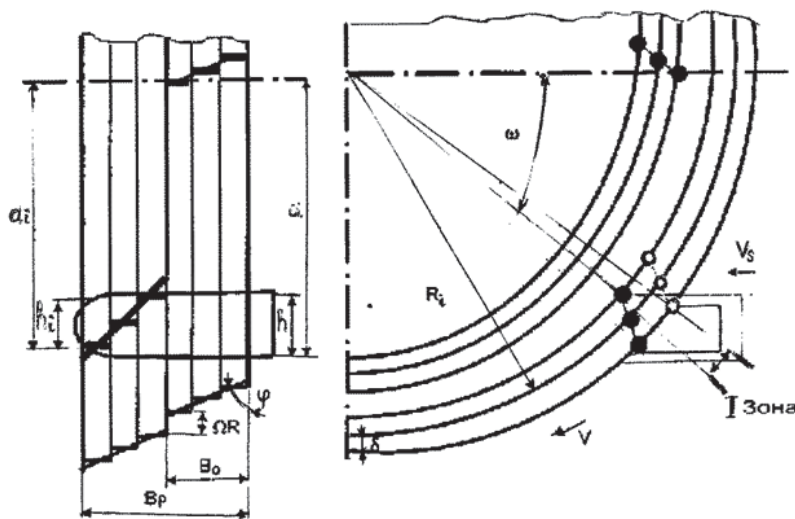


Рис. 2. Расчётная схема малорезцово торцово-конической (конической) фрезы - период врезания от 1 до p условных резцов их j группы – I зона

$$n(\varphi) = \begin{cases} n_j^I(\varphi) = \{ R - [\delta(j-1) + \Omega R] \} / \delta - (a-h) / \{ \delta \sin\{\varphi - \omega(j-1) + \\ + \arcsin\{(a-h) / \{ R - [\delta(j-1) + \Omega R]\} \}, (j-1)\omega \leq \varphi \leq \varphi_{(i-1)j} \}; \\ n_j^{II}(\varphi) = i, \quad \varphi_{(i-1)j} \leq \varphi \leq \varphi_{(2i-1)j}; \\ n_j^{III}(\varphi) = \{ a / \{ \delta \sin\{\varphi - \omega(j-1) + \arcsin\{ a / \{ R - [\delta(j-1) + \Omega R]\} \} \\ - \{ R - [\delta(j-1) + \Omega R] \} / \delta + 0,5 + i, \quad \varphi_{(2i-1)j} \leq \varphi \leq j\omega. \end{cases} \quad (2)$$

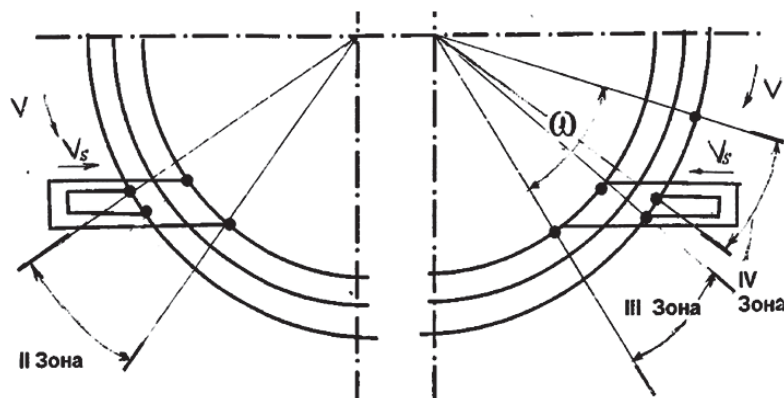


Рис. 3. Расчётная схема малорезцово торцово-конической (конической) фрезы: а - период работы от 1 до p условных резцов j группы и выхода из древесины – II зона; б - период выхода условных резцов группы - III зона и период подхода соседней $j+1$ группы резцов - IV зона

друг друга в осевом направлении фрезы $B_n=0$, другое - (рис.1д) с частично перекрытыми смежными резцами в осевом направлении фрезы $B_n>0$.

При математическом моделировании процесса фрезерования торцово-коническую (коническую) малорезцовую фрезу условно рассматривали, как дискретный набор цилиндрических фрез разного диаметра резания, то есть, как ступенчатую цилиндрическую фрезу с расположением резцов

по пространственным спиральям. Это обеспечивает единство терминологии и обозначений с многорезцовыми фрезами, а также общность методики при математическом моделировании и обосновании параметров фрезерования разнотипным фрезерным инструментом. Процесс взаимодействия резцов с древесиной при фрезеровании за цикл переработки был разделен на четыре зоны (периода). I зона (рис.2) – период врезания от 1 до i резцов при

$1 J i J p$ j -ой группы резцов фрезы; II зона (рис.3а) – период работы всех i ($1 J i J p$) резцов группы и последовательного от 1 до i выхода из древесины.

III зона (рис. 3б) – период последовательного от 1 до i выхода резцов группы из древесины; IV зона (рис. 3б) – период подхода соседней $j+1$ группы резцов.

Величина и взаимная ориентация во времени указанных зон при установившемся резании определяет различный характер взаимодействия резцов с древесиной с различной интенсивностью технологической нагрузки. Этот характер взаимодействия может быть прерывистый, при котором процесс резания носит нестабильный характер от максимальных пиковых значений силы резания (зона II) до минимальных – нулевых значений ее (зона IV). Это ухудшает динамику процесса резания, условия базирования предмета обработки, а значит, увеличиваются энергетические затраты на подачу и базирование, служит причиной значительного шума и вибрации. Кроме указанного, характер взаимодействия может быть непрерывный, при котором процесс резания носит более стабильный характер. В этом случае максимальные пиковые силы резания (зона II) имеют меньшие абсолютные значения, а разница между ними и минимальными силами резания незначительная (зона IV - отсутствует). С учетом работы резцов всех групп k -ой спирали фрезы при повороте ее на угол $2p/k$ общая зависимость одновременно условно работающих резцов (резцов - ширина резания которых зависит от количества ступеней ступенчатой цилиндрической фрезы, в которую была преобразована исходная фреза) от угла поворота фрезы $n(j)$ выражается следующей системой уравнений (2).

В системе уравнений (2) приняты следующие обозначения: R - максимальный радиус резания, мм; δ - радиальный шаг условных резцов в спирали, мм; ω - угловой шаг условных резцов в спирали, град; j - текущий угол поворота фрезы, град; ΩR - высота ступени между рядами резцов, мм; a - расстояние между нижней образующей бревна (пластью бруса) и осью фрезы, мм; h - толщина фрезерования,

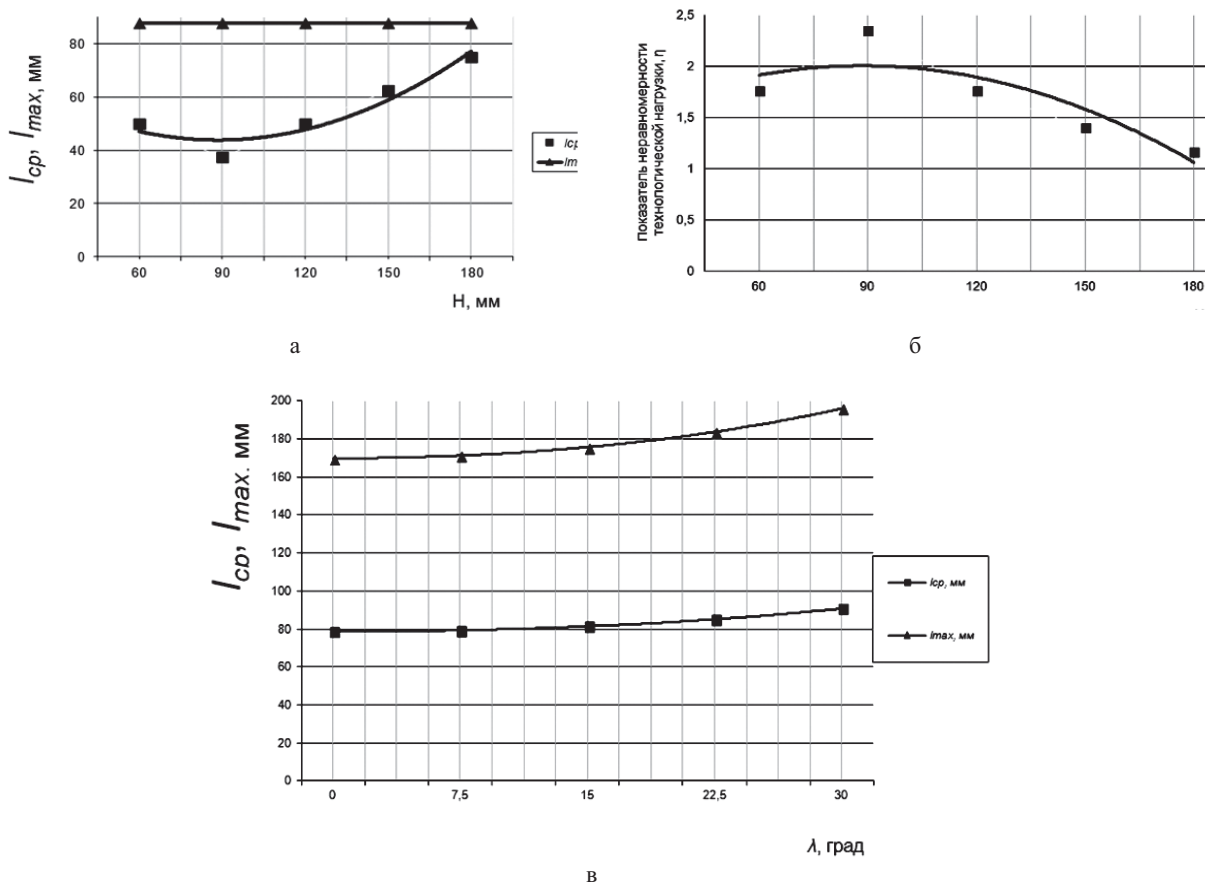


Рис. 4. Влияние высоты фрезерования h на l_{cp} и l_{max} - а, на показатель технологической нагрузки η - б, угла разворота лезвий резцов ϵ на l_{cp} и l_{max} - в при значениях: $n_p = 2$ (фреза двухрядная) $\Delta B = B_{01} / B_{02} = 1$ $B_{01} = 60$ мм; $B_{02} = 60$ мм; $Z = 8$ - а.б; $n_p = 1$ (фреза однорядная); $\Delta B = B_{01} / B_{02} = 0$; $B_{01} = 0$ мм; $Z = 4$ - в; $B_p = 120$ мм; $k = 4$; $Q_{вх} = 75^\circ$; $Q_{cp} = 45^\circ$; $j = 45^\circ$; $\lambda \epsilon = 15^\circ$; $S_z = 22$ мм; $b_0 = 2,5$ мм.

мм; i – текущее количество одновременно работающих условных резцов при 1 J i J p j -ой группы условных резцов фрезы.

По уравнениям системы (2) можно определить количество одновременно работающих условных резцов при повороте на любой угол j , а также максимальное количество одновременно работающих условных резцов n_{max} фрезы.

Среднее количество n_{cp} одновременно работающих условных резцов за оборот фрезы определяется по зависимости:

$$n_{cp} = 0,5\pi^{-1}k \sum_{j=1}^{z_p-1} \{n_{cp}^I [\varphi_{(i-1)j} - (j-1)\omega + +i[\varphi_{(2i-1)j} - \varphi_{(i-1)j}] - n_{cp}^{III} [\varphi_{(2i-1)j} - \varphi_{ij}]\} \quad (3)$$

где k – число спиралей фрезы; z – число условных резцов в спирали; p – число условных резцов в группе.

После представления правой части уравнения (3) в интегральном виде и раскрытия интегральной зависимости были определены значения параметра n_{cp} .

Показатели в правой части уравнения (1) определяются по зависимостям:

$$l_{cp} = n_{cp} v_o / \cos \epsilon \cos \varphi, \quad (4)$$

$$l_{max} = n_{max} v_o / \cos \epsilon \cos \varphi, \quad (5)$$

где v_o – ширина фрезерования условного резца, мм; φ – угол наклона режущей кромки резца к плоскости перпендикулярной оси вращения фрезы, град.

Результаты расчётов по зависимостям (1) - (5) показали следующее.

С уменьшением ширины фрезерования наблюдается снижение l_{max} , l_{cp} , η , причём для l_{max} и l_{cp} это снижение имеет линейный характер, а для η – слегка выраженный криволинейный.

Условие (1) не достигается (экстремумов не наблюдается).

С увеличением толщины фрезерования l_{cp} не изменяется, а l_{max} сначала с $h = 60$ мм до $h = 90$ мм незначительно уменьшается, а затем до $h = 180$ мм растёт с большей интенсивностью с наличием экстремального (минимального) значения в диапазоне толщины фрезерования от 80 до 100 мм (рис. 4а). Криволинейный характер последней зависимости сказывается на характере параметра η . Он также криволинейный, но с обратной вогнутостью, не позволяющей в экстремальной точке минимизацию показателя η , а значит условие минимизации критерия по зависимости (1) (рис. 4б) не достигается.

С увеличением угла ϵ наблюдается незначительный рост показателей l_{max} и l_{cp} по слабовыраженным криволинейным зависимостям, не имеющим экстремальных точек (рис. 4в).

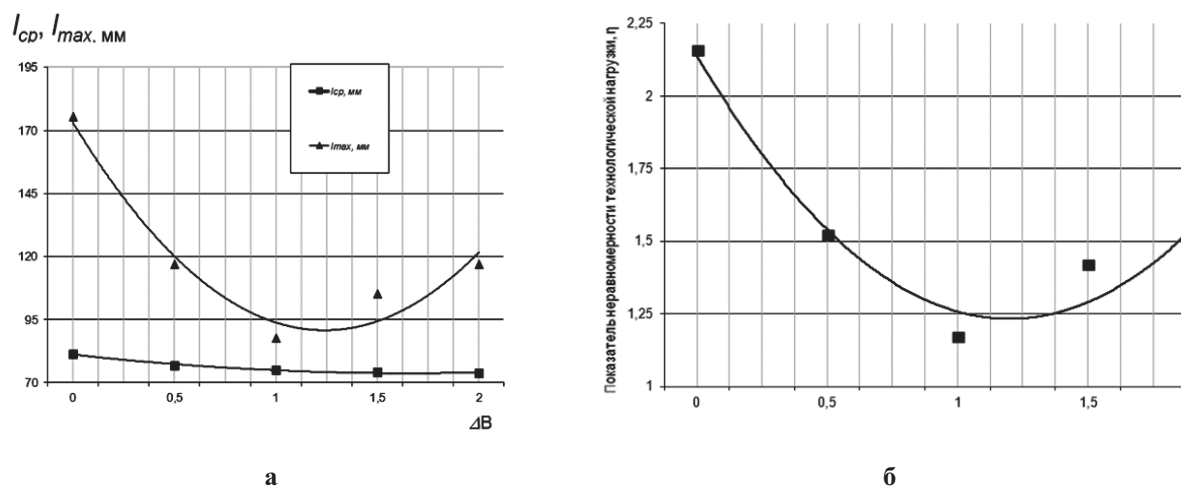


Рис. 5. Влияние DB на: а – l_{max} и l_{cp} ; б – показатель неравномерности технологической нагрузки η .

Показатель η при изменении параметра ε остаётся постоянным.

При установившемся резании (все условные резцы группы внедряются в древесину) минимум показателя l_{max} достигается при $\varepsilon = 0^\circ$. Однако в начальный момент резания при неустановившемся резании (не все условные резцы участвуют в резании) с позиции лучших условий базирования, а также уменьшения ударной нагрузки целесообразно иметь угол $\varepsilon > 0^\circ$. Значение параметра ε в большинстве конструкций отечественных и зарубежных торцово-конических (конических) малорезцовых фрез принимают равным 15° . Это значение параметра ε считается рациональным по результатам опытно-промышленных и производственных испытаний фрезерного инструмента и прежде всего по показателю качества технологической щепы [1, 2, 5, 7].

На рис.5 представлены графики влияния параметра $DB = B_{o1}/B_{o2}$ - отношения ширины ряда резцов с большим радиусом резания B_{o1} к ширине ряда резцов с меньшим радиусом резания B_{o2} - соответственно на среднюю и максимальную суммарную длину одновременно работающих резцов (рис.5а), а также на показатель неравномерности технологической нагрузки (рис.5б). Постоянными значениями при построении графиков были: $B_p = 120$ мм; $k = 4$; $Q_{ax} = 75^\circ$; $Q_{cp} = 45^\circ$; $j = 45^\circ$; $\varepsilon = 15^\circ$; $S_z = 22$ мм; $h = 180$ мм; $b_0 = 2,5$ мм.

С увеличением параметра DB показатель l_{cp} уменьшается по сла-

бовыраженной криволинейной зависимости. Показатель l_{max} сначала с DB от 0 до 1,25 резко уменьшается, а затем с DB от 1,25 до 2 растёт с несколько меньшей интенсивностью (рис. 5а) с наличием экстремального (минимального) значения при $DB = 1,25$.

Криволинейный характер последней зависимости сказывается на характере параметра η (рис. 5б). Он также криволинейный, но с той же вогнутостью, позволяющей получить в экстремальной точке при $DB = 1,25$ минимизацию показателя η , а значит достижения условия минимизации критерия по зависимости (1).

Именно при параметре $DB = 1,25$ минимизируется значение максимальной мгновенной силы резания на дуге срезаемой стружки и обеспечивается минимальный показатель неравномерности технологической нагрузки за цикл агрегатной переработки (оборот фрезы).

Выполненные расчёты позволили обосновать ряд конструктивно-технологических параметров, обеспечивающих требования ресурсосбережения по критерию (1).

Проведение оптимизации конструкции ресурсосберегающей торцово-конической малорезцовой фрезы (патент РФ № 1782732 [4]) с двухрядным расположением двухкромочных резцов и с перекрытием режущих кромок в осевом направлении (рис. 1д) с использованием целевой функции (1) и зависимостей (2) – (5) относительно параметра B_0 показало, что с учетом

применяемых поставок и параметров перерабатываемого сырья, величина перекрытия в осевом направлении должна составлять $B_{II} = 70$ мм, а значит при общей ширине фрезерования в осевом направлении фрезы $B_p = 120$ мм, величина непокрытой части резца, расположенного у меньшего основания корпуса фрезы, в осевом направлении B_0 должна составлять 50 мм.

Как показали расчеты, если для традиционной фрезы с полным перекрытием смежных резцов (рис. 1а, б) при переработке пиловочного сырья на фрезернопильной линии с вершинным диаметром, например 20-24 см, при обработке клеевой части бревен (брусев) ширина фрезерования соответствующая одновременно находящимся в древесине лезвиям резцов достигает 100-120 мм, то для ресурсосберегающей конструкции фрезы (рис. 1д) этот параметр составит 50-70 мм. Снижение почти в два раза указанного параметра важно для улучшения условий базирования, а значит снижения энергозатрат на него для обеспечения высокого качества вырабатываемых пиломатериалов и технологической щепы и, в частности, будет способствовать уменьшению выфрезеровок на боковых пластиях крайних досок поставка фрезернопильных линий.

На основании исследования неравномерности технологической нагрузки малорезцовых торцово-конических фрез лесопильных агрегатов были обоснованы следующие рациональные параметры малорезцовых

торцово-конических фрез с двух-кромочными резцами: $AB = 1,25$, $B_n = 70$ мм, $B_o = 50$ мм, $V = 25$ м/с, $S_z = 22$ мм, $n_p = 2$, $Z = 8$, $k = 4$, $j = 45^\circ$, $B_p = 120$ мм; $k = 4$; $Q_{вх} = 75^\circ$; $Q_{ср} = 45^\circ$; $\varepsilon = 15^\circ$. Эти параметры заложены нами в техническом задании на проектирование ресурсосберегающих фрез для фрезерно-брусующих и фрезернопильных станков агрегатных лесопильных линий.

References:

1. Avksent'ev M.P. Frezernyy instrument dlja agregatnogo oborudovaniya. Tezisy dokladov k Vsesojuznomu seminaru «Sostojanie i osnovnye napravlenija razvitija agregatnogo lesopilenija v tekushhej pjatiletke i na perspektivu» [Milling tool for modular equipment. Abstracts of reports to the All-Union Seminar «Status and trends of development of aggregate sawing in the current five-year period and for the future»], M.P. Avksent'ev., Central'nyj nauch.-issled. in-t mehan. obrab. drev. CNIIMOD [Central Research Institute for Machine Processing of Wood CRIMPW]. - Arhangel'sk, 1985., pp. 25-32.

2. Borovikov E.M. Lesopilenie na agregatnom oborudovanii [Sawmilling using the aggregate equipment], E.M. Borovikov L.A. Fefilov, V.V. Shestakov. - Moskva., Lesnaja promyshlennost' [Timber Industry], 1985. - 216 p.

3. Grube, A.Je. Derevozhusshie instrumenty [Woodworking Tools], A.E. Grube. - Moskva., Lesnaja promyshlennost' [Timber Industry], 1971. - 343 p.

4. Pat. 1782732 Rossijskaja Federacija, MPK4 V27, G13/02, 13/04. Torcovo-konicheskaja malonozhevaja freza [Patent No. 1782732, Russian Federation, MPK4 B27, G13/02, 13.04. Conical face cutter with small number of chisels], V.V. Taratin A.P. Tarutin; zajavitel' i patentoobladatel' Central'nyj nauch.-issled. in-t mehan. obrab. drev. [The applicant and the patentee - Central Research Institute for Machine Processing of Wood]. - No. 4840963/15; zajavl. 23.12.90; opubl. 23.12.92. Bjul. No. 47 [Application 23.12.90; published on 23.12.92. Bulletin No. 47]. - 47 p.

5. Senkevich L.V. Sovershenstvovanie konstruktivnyh parametrov malonozhevyyh torcovo-konicheskikh frez dlja frezerno-pil'nogo oborudovaniya [Improvement of design parameters of conical face cutters with small number of chisels for sawmill equipment], avtoref. dis... kand. tehn. nauk [Abstract of the Thesis by the Candidate of Technical science]. 05.21.05.SPb., LTA. - St. Petersburg., 1994. - 22 p.

6. Taratin V.V. Lesopil'nye agregaty: sovremennoe sostojanie i tendencii ih sovershenstvovaniya [Sawmilling aggregates: the current state and trends of their improvement], V.V. Taratin., Derevoobrab. prom-st' [Timber industry]. - 1998., No. 1., pp. 3-6.

7. Fronius, K. Spaner Kreissägen Bandsägen., K. Fronius. - Stuttgart., DRW-Verlag, 1989 - 300 p.

Литература:

1. Авксентьев М.П. Фрезерный инструмент для агрегатного оборудования. Тезисы докладов к Всесоюзному семинару «Состояние и основные направления развития агрегатного лесопиления в текущей пятилетке и на перспективу» [Текст], М.П. Авксентьев., Центральный науч.-исслед. ин-т механ. обраб. дров. ЦНИИМОД. - Архангельск, 1985., С. 25-32.

2. Боровиков Е.М. Лесопиление на агрегатном оборудовании [Текст], Е.М. Боровиков, Л.А. Фефилов, В.В. Шестаков. - Мо-

сква., Лесная промышленность, 1985. - 216 с.

3. Грубе, А.Э. Дереворежущие инструменты [Текст], А.Е. Грубе. - Москва., Лесная промышленность, 1971. - 343 с.

4. Пат. 1782732 Российская Федерация, МПК4 В27, G13/02, 13/04. Торцово-коническая малоножевая фреза [Текст], В.В. Таратин, А.П. Тарутин; заявитель и патентообладатель Центральный науч.-исслед. ин-т механ. обраб. дров.-№4840963/15; заявл. 23.12.90; опубл. 23.12.92. Бюл. № 47. - 47 с.

5. Сенкевич, Л.В. Совершенствование конструктивных параметров малоножевых торцово-конических фрез для фрезерно-пильного оборудования [Текст], автореф. дис... канд. техн. наук. 05.21.05/СПб, ЛТА. - Санкт-Петербург., 1994. - 22 с.

6. Таратин В.В. Лесопильные агрегаты: современное состояние и тенденции их совершенствования [Текст], В.В. Таратин., Деревообраб. пром-сть. - 1998., № 1., С. 3-6.

7. Fronius K. Spaner Kreissägen Bandsägen [Text], K. Fronius. - Stuttgart., DRW-Verlag, 1989 - 300 p.

Information about author:

1. Vjacheslav Taratin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Nothern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov; address: Russia, Arkhangelsk city; e-mail: taratinvjacheslav@rambler.ru

