

УДК 674.023.001.5

## Повышение эффективности распиловки мерзлой древесины на лесопильных рамах

Н.В. Вишуренко<sup>1\*</sup>, И.С. Корчма<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира 82, Красноярск, Россия.  
Статья поступила 14.10.2011, принята 20.02.2012

*Рассмотрена возможность повышения эффективности распиловки мерзлой древесины сосны и лиственницы на лесопильных рамах. Обосновывается вариант повышения производительности лесопильных рам, а так же снижение энергозатрат при подготовке мерзлого сырья к распиловке. Величина подачи за один двойной ход пильной рамки при распиловке мерзлой древесины в наибольшей мере ограничивается выполнением условия заполнения емкости межзубовой впадины зубьев пилы. Расчетная подача за один двойной ход зависит от величины коэффициентов уплотнения древесины и формы зуба пилы. Значения указанных коэффициентов ранее детально не анализировались. В статье приводятся результаты теоретического и экспериментального исследования зависимости коэффициента уплотнения от породы древесины, ее температуры и влажности, а также результаты исследования зависимости коэффициента формы зуба от параметров геометрии зубьев пилы. Предложена формула для расчета величины коэффициента уплотнения, учитывающая влияние породы и температурно-влажностного состояния древесины. Для проверки полученной формулы был поставлен многофакторный эксперимент, в результате которого также было проверено влияние масштабного фактора и скорости деформирования образца. Проведенный многофакторный эксперимент показал целесообразность применения предложенной нами формулы для расчета значений коэффициента уплотнения древесины. Проведен численный эксперимент по определению площади межзубовой впадины зубьев пилы. Получены уравнения регрессии для определения площади межзубовой впадины зуба пилы, позволяющие рекомендовать значения коэффициента формы зуба. Назначение обоснованных значений коэффициентов уплотнения древесины и формы зуба позволяет оперативно управлять значением подачи за один двойной ход, тем самым повышать эффективность распиловки мерзлой древесины на лесопильных рамах.*

**Ключевые слова:** мерзлая древесина, температура, влажность, коэффициент уплотнения, сжатие, сосна, лиственница, коэффициент формы зуба, площадь впадины.

## Effectiveness increase of frozen timber sawing at the log frames

N. V. Vishurenko<sup>1\*</sup>, I. S. Korchma<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siberian State Technical University, 82, Mira av., Krasnoyarsk, Russia  
Received 14.10.2011; Accepted 20.02.2012

*The article considers the possibility of the effectiveness increase of frozen pine and larch sawing at the log frames. The alternative for the log frames effectiveness increase as well as power inputs reduction while preparing frozen raw materials for sawing have been substantiated. The feed rate for one double pass of a sawbaw in the process of frozen timber sawing is mainly restricted to fulfillment of the condition that the saw teeth root should be filled up. The designed feed for one double pass depends on the amount of timber compression ratios and the saw tooth shape. The value of the stated ratio hasn't been analyzed in detail before. The article proposes theoretical and experimental research findings of the compression ratio dependence upon wood species, its temperature and moisture content as well as the results of the research into dependence of the saw tooth shape coefficient on the parameters of saw teeth geometry. The formula for the compression ratio value calculation taking into account species effect and the temperature-moisture state of timber has been proposed. To test the formula obtained, a multiple-factor experiment was carried out, and as a result, the scale factor effect and specimen strain rate were checked as well. The performed experiment showed the application practicability of the proposed formula to calculate the timber compression ratio values. The numerical experiment to value the area of the saw teeth root has been carried out. The regression equations to value the area of the saw tooth root enabling to advise the tooth shape ratio values have been obtained. The setting of the substantiated timber compression ratio and tooth shape values makes it possible to efficiently control the value for one double pass and thereby increase the effectiveness of frozen timber sawing at the log frames.*

**Keywords:** frozen timber, temperature, moisture, compression ratio, compression, pine, larch, tooth shape ratio, root area.

При переработке больших объемов круглого хвойного леса лесопильные рамы остаются наиболее востребованным видом оборудования, обеспечивающим высокую производительность, требуемое качество и высокий полезный выход продукции.

Производительность лесопильных рам определяется по формуле

$$P_{\text{см}} = \frac{S_{2x} \cdot n \cdot T \cdot K_n \cdot K_u}{1000}, \quad (1)$$

где  $S_{2x}$  – подача бревна в лесопильную раму за один двойной ход пильной рамки, мм/об;

$n$  – частота вращения коленчатого вала, мин<sup>-1</sup>;

\* E-mail address: vishurenko.nataliya@yandex.ru

$T$  – длительность рабочей смены, мин;  
 $K_n$  – коэффициент производительности;  
 $K_u$  – коэффициент использования станка.

Величина ( $T \cdot K_n \cdot K_u$ ) определяется факторами организации технологического процесса. Значение  $n$  задается конструкцией станка.

Очевидно, что основным параметром режима рамного пиления, оказывающим прямое влияние на производительность лесопильной рамы, является подача за один двойной ход пильной рамки  $S_{2x}$ .

Величина  $S_{2x}$  ограничивается несколькими факторами:

- мощностью привода механизма резания;
- заданным уровнем шероховатости обработанной поверхности;
- выполнением условия заполнения емкости межзубовых впадин пил;
- устойчивостью инструмента.

При распиловке мерзлой древесины лиственницы (с температурой  $-15^\circ\text{C}$ ) величина  $S_{2x}$ , по данным [1], в наибольшей мере ограничивается параметром заполнения межзубовой впадины пилы. Поэтому поиск путей по увеличению подачи за один двойной ход по нормальному заполнению впадины при распиловке мерзлой древесины является важной задачей.

Величина подачи за один двойной ход, обеспечивающая нормальное заполнение межзубовой впадины  $S_{2x\theta}$ , рассчитывается по формуле [1]

$$S_{2x\theta} = \frac{\beta_3 \cdot \Theta \cdot H \cdot t_3}{h_m \cdot \alpha_{упл}}, \quad (2)$$

где  $\beta_3$  – коэффициент заполнения площади впадины;

$\Theta$  – коэффициент формы зуба пилы;

$H$  – ход пильной рамки, мм;

$t_3$  – шаг зубьев пил, мм;

$h_m$  – наибольшая высота реза, мм;

$\alpha_{упл}$  – коэффициент уплотнения стружки.

Величина  $H$  задается конструкцией станка,  $t_3$  выбирается в зависимости от высоты пропила  $h_m$ , которая зависит от диаметра распиливаемого бревна.

Значение коэффициента  $\Theta$  определяется конструкцией инструмента, коэффициент  $\alpha_{упл}$  – свойствами древесины, а величина коэффициента  $\beta_3$  зависит одновременно от свойств древесины и от конструкции инструмента.

В руководящих материалах [1]  $\beta_3$  рекомендуется в пределах от 0,54 до 0,6 (при форсированных режимах пиления – 0,8). Значения получены практическим путем.

Под словосочетанием «свойства древесины» в данной статье понимается ее плотность и температурно-влажностное состояние.

При пилении талой древесины коэффициент уплотнения стружки зависит только от плотности древесины [2].

Номинальный объем стружки в межзубовых впадинах уменьшается на величину объема пор, свободных

от капиллярной влаги. Свободная влага из влажной древесины выжимается в процессе срезания стружки зубьями пилы, поскольку развиваются значительные напряжения сжатия.

Предельное значение коэффициента  $\alpha_{упл}$  можно рассчитать по формуле [2]

$$\alpha_{упл} = \frac{\rho}{\rho_D}, \quad (3)$$

где  $\rho$  – плотность древесины при влажности, равной точке насыщения волокна;

$\rho_D$  – плотность древесинного вещества, насыщенного влагой,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Из формулы (3) видно, что более высокая плотность древесины приводит к увеличению коэффициента  $\alpha_{упл}$  и, разумеется, к снижению величины  $S_{2x\theta}$ .

При пилении мерзлой древесины на значения коэффициента  $\alpha_{упл}$ , помимо плотности, заметное влияние оказывает влажность древесины.

При температуре  $-4-6^\circ\text{C}$  свободная влага, находящаяся в древесине, замерзает, и лед уже не может быть вытеснен из древесины.

В этом случае предельное значение коэффициента  $\alpha_{упл}$  может быть рассчитано по предлагаемой нами формуле

$$\alpha_{упл} = \rho_{баз} \left[ \frac{1}{\rho_{д.в.}} + \frac{W' + 1,091(W - W_n)}{100\rho_v} \right], \quad (4)$$

где  $\rho_{баз}$  – базисная плотность древесины,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , равная для сосны  $400 \text{ кг}/\text{м}^3$ , для кедра –  $350 \text{ кг}/\text{м}^3$ , для лиственницы –  $520 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho_{д.в.}$  – плотность древесинного вещества, равная  $1540 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho_v$  – плотность воды, равная  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

1,091 – коэффициент увеличения объема при замерзании воды;

$W$  – средняя влажность срезанной древесины, %;

$W_n$  – количество незамерзшей влаги, %;

$W'$  – влажность, соответствующая точке насыщения оболочек, %. Для сосны – 30 %; для кедра сибирского – 28...30 %, для лиственницы сибирской – 31...33 %.

Количество незамерзшей влаги определяется по уравнению Б.С. Чудинова [3]:

$$W_n = 12 + 18e^{0,057(t+2)}, \quad (5)$$

где  $e$  – основание натурального логарифма;

$t$  – значение отрицательной температуры,  $^\circ\text{C}$ .

Формула (4) позволяет оценить зависимость коэффициента  $\alpha_{упл}$  мерзлой древесины от свойств древесины.

Таблица 1

Для того чтобы формулу (4) использовать для практических расчетов, необходимо провести ее экспериментальную проверку.

Нами была поставлена задача получить математическую модель зависимости коэффициента  $\alpha_{упл}$  от ряда факторов. Вначале была проведена серия опытов по определению влияния на коэффициент  $\alpha_{упл}$  плотности и направления волокон с помощью однофакторных экспериментов.

Поскольку стружкообразование при пилении на лесопильных рамах происходит путем непосредственного сжатия древесины поперек волокон передней гранью резца в замкнутом пространстве, эксперименты ставились именно на сжатие древесины в замкнутом пространстве при различных значениях температуры и влажности.

Для проведения эксперимента было изготовлено специальное опытное приспособление.

Для минимизации теплопоглощения охлажденного образца стальная обойма, в которую закладывался образец, была теплоизолирована. Приспособление выполнено таким образом, чтобы уплотнение происходило в замкнутом пространстве.

Ввиду сложности изготовления стальной обоймы с прямоугольным отверстием было принято решение отступить от общепринятой формы образцов древесины для проведения испытаний. Для экспериментов были изготовлены образцы цилиндрической формы высотой 25 мм с диаметром 20 мм. Испытания на сжатие происходили в направлениях вдоль и поперек волокон.

Для обеспечения однородности опытов комплекты образцов одной породы были изготовлены из одной доски, выпиленной из срединной части бревна.

Образцы закладывались в морозильную камеру «Бирюса 280». Температура в камере поддерживалась с помощью электронного блока управления. Погрешность температуры в рабочем объеме камеры  $\pm 1$  °С от заданной. Для эксперимента были выбраны шесть температур:  $-35$  °С,  $-25$  °С,  $-15$  °С,  $-5$  °С,  $0$  °С,  $+5$  °С.

Перед экспериментом образцы взвешивались на электронных весах марки MW-II. Взвешивание образцов перед и после эксперимента выполнялось с целью уточнения влажности образца в момент проведения испытаний.

Эксперимент выполнялся на разрывной машине Р-5. Приборы и установка для проведения эксперимента прошли стандартную метрологическую поверку.

Результаты экспериментов представлены в таблице 1 и на рис. 1 – 2.

В таблице 1 представлены значения коэффициента  $\alpha_{упл}$  для древесины сосны и лиственницы при фиксированных значениях влажности и температуры. Анализ полученных значений показывает, что значение коэффициента  $\alpha_{упл}$  для лиственницы выше в среднем на 25 %, что объясняется более высокой плотностью ее древесины.

Значения коэффициента уплотнения древесины

Номер	Порода	Влажность W, %	Температура t, °С	Коэффициент уплотнения $\alpha_{упл}$
1	Сосна	12	+20	0,34
2	Лиственница	12	+20	0,45
3	Сосна	45	-20	0,75
4	Лиственница	45	-20	0,87

Из графиков (рис. 1) видно, что при сжатии ядровой древесины с влажностью 12-14 % коэффициент уплотнения имеет большие значения, чем при сжатии заболонной древесины; при сжатии влажной древесины коэффициент уплотнения практически одинаков.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что с увеличением плотности древесины коэффициент  $\alpha_{упл}$  повышается.

Поскольку при пилении сжатие древесины происходит именно в направлении поперек волокон, дальнейшие исследования проводились именно в этом направлении.

В результате эксперимента были получены данные, графическая интерпретация которых представлена на рис. 2.

Характер зависимости коэффициента  $\alpha_{упл}$  при сжатии вдоль и поперек волокон схож, а значения коэффициента выше при сжатии вдоль волокон.

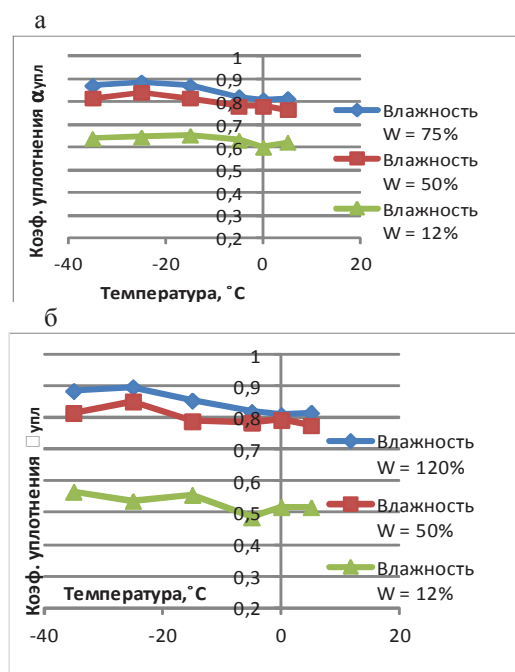


Рис. 1. Зависимость  $\alpha_{упл}$  древесины сосны от температуры и влажности при сжатии в замкнутом пространстве вдоль волокон: а) ядровая часть; б) заболонная часть.

Экспериментальные точки, показывающие влияние температуры и влажности на коэффициент уплотнения древесины, для наглядности соединены линией.

Анализируя полученные графики, мы выявили следующее:

- при сжатии сухой древесины значение  $\alpha_{упл}$  практически не зависит от температуры;
- при сжатии древесины в диапазоне температур от  $-5$  до  $0$  °C значение  $\alpha_{упл}$  не изменяется и равно значению при положительных температурах;
- при сжатии древесины с влажностью выше предела гигроскопичности в диапазоне температур от  $-5$  до  $-25$  °C значение  $\alpha_{упл}$  увеличивается с понижением температуры, причем значение  $\alpha_{упл}$  тем выше, чем выше влажность древесины;
- при дальнейшем снижении температуры ниже  $-25$  °C значение коэффициента  $\alpha_{упл}$  не изменяется.

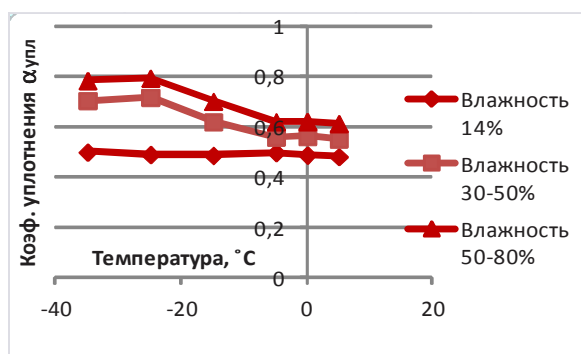


Рис. 2. Зависимость  $\alpha_{упл}$  древесины сосны от температуры и влажности при сжатии в замкнутом пространстве поперек волокон.

Таким образом, с точки зрения уплотнения стружки не обязательно оттаивать древесину до положительных температур, достаточно нагревать ее до температур, близких к нулю ( $-5-2$  °C). Это позволит экономить значительную долю энергии, так как большая ее часть затрачивается именно на превращение льда в воду.

По результатам однофакторного эксперимента мы увидели, что зависимость коэффициента  $\alpha_{упл}$  от температуры и влажности имеет нелинейный характер, поэтому в дальнейшем многофакторный эксперимент ставился с использованием *B*-плана второго порядка.

Так как при распиловке древесины на лесопильных рамах площадь древесины, сжимаемая передней гранью, значительно меньше, чем площадь сжимаемых в нашем эксперименте образцов, было принято решение проверить влияние масштабного фактора на выходные величины. Диаметр образцов варьировался в диапазоне от 8 мм до 20 мм, со средним значением  $d = 14$  мм.

Для того чтобы учесть влияние динамического фактора, рассмотрено также влияние скорости нагружения пуансона, которая варьируется от 4 мм/мин до 28 мм/мин, со средним значением  $V = 16$  мм/мин.

Таким образом, переменных факторов было четыре: диаметр образца, влажность, температура и скорость нагружения пуансона (скорость деформирования).

Таблица 2

Уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование фактора	Интервал варьирования фактора	Уровень варьирования фактора		
		верхний (+1)	основной (0)	нижний (-1)
Диаметр, мм	6	20	14	8
Влажность, %	16	72	56	40
Температура, °C	12	-3	-15	-27
Скорость перемещения пуансона, мм/мин	12	28	16	4

Данные эксперименты ставились на образцах из древесины лиственницы.

Уровни варьирования исследуемых факторов представлены в таблице 2.

По итогам проведенных экспериментов и обработки полученных данных нами получены математические зависимости для определения коэффициента  $\alpha_{упл}$  : при радиальном сжатии в нормализованных величинах

$$y = 0.791 + 0.023x_1 + 0.061x_2 - 0.073x_3 + 0.021x_4 - 0.056x_1^2 - 0.045x_3^2 + 0.023x_1x_2 + 0.030x_2x_3 - 0.020x_1x_3,$$

в натуральных величинах

$$\alpha_{упл}(d, W, t, V) = 0.144 + 0.0298d + 0.0028W - 0.0203t + 0.00175V - 0.00156d^2 - 0.00031t^2 + 0.00024dW - 0.00028dt + 0.00016Wt,$$

при тангентальном сжатии в нормализованных величинах

$$y = 0.838 - 0.020x_1 + 0.040x_2 - 0.034x_3 + 0.035x_2^2 - 0.039x_3^2 - 0.070x_4^2 + 0.044x_1x_3 - 0.012x_2x_3 + 0.018x_1x_4,$$

в натуральных величинах

$$\alpha_{упл}(d, W, t, V) = 0.687 + 0.00183d - 0.00138W - 0.016t + 0.0121V + 0.000137W^2 - 0.000271t^2 - 0.000486V^2 + 0.00061dt - 0.000625Wt + 0.00025dV.$$

Как видно из уравнений регрессии, на коэффициент уплотнения древесины большее значение оказывают температура и влажность, диаметр и скорость нагруже-



ния пуансона оказывают незначительное влияние на коэффициент  $\alpha_{упл}$ .

Полученные уравнения регрессии для определения зависимости коэффициента  $\alpha_{упл}$  от различных факторов показывают, что характер сжатия при радиальном и тангентальном сжатии схож.

Расчеты показали, что при тангентальном сжатии величина  $\alpha_{упл}$  выше в среднем на 15 %.

Сравнительная оценка значений  $\alpha_{упл}$ , полученных по уравнениям регрессии по формуле (4), выявила, что разница этих значений не превышает 15 %. Таким образом, формулу (4) можно рекомендовать для практических расчетов коэффициента  $\alpha_{упл}$  и варьировать этой величиной при назначении режимов пиления.

Как видно из формулы (2), величина подачи  $S_{2,х0}$  зависит от коэффициента формы зуба  $\Theta$ , который определяется как отношение площади впадины  $f_v$  к квадрату шага зубьев  $t_3^2$

$$\Theta = \frac{f_v}{t_3^2} \quad (6)$$

Поэтому нами была поставлена задача исследовать влияние различных линейных и угловых параметров межзубовой впадины рамной пилы с целью получения максимально возможной площади межзубовой впадины.

Зуб пилы и размер впадины определяются шестью параметрами: шагом  $t$ , высотой  $h$ , радиусом закругления  $r$ , длиной задней грани  $l$ , а также угловыми значениями: передним  $\gamma$  и задним  $\alpha$  углами резца.

Для каждого значения шага зубьев реализовывался пятифакторный эксперимент по  $B$ -плану второго порядка. Значения переменных факторов приведены в таблицах 3 и 4. При распиловке мерзлой древесины не рекомендуется пилить с шагом меньше 26 мм. Поэтому для проведения эксперимента использовались следующие шаги зубьев: 26, 32 и 40 мм.

Правильный выбор шага зубьев имеет важное значение для обеспечения нормальных условий работы инструмента, повышения производительности пил и оборудования. При пилении талой древесины величина шага зубьев пил лимитируется подачей на зуб из условий шероховатости поверхности. При распиловке же мерзлой древесины этот фактор не является лимитирующим [1, 2].

ГОСТ 5524-75 предусматривает выпуск пил четырех разных шагов. Анализ производственной базы лесопильных предприятий Красноярского региона показал, что большинство предприятий применяют рамные пилы **только одного шага** для распиловки всего поступающего сырья. Это облегчает подготовку инструмента, но несогласование шага пил с высотой пропила приводит к снижению производительности лесопильной рамы до 20 % и значительному ухудшению качества пиломатериалов.

Увеличение шага приводит к увеличению подачи на зуб, а это приводит к снижению удельной работы пиления. Кроме того, снижается общая сила, действующая на пилу.

Таким образом, применение пил с увеличенным шагом зубьев желательно как из условий заполнения их впадин, так и энергопотребления и силовых характеристик.

Таблица 3

*Переменные факторы для профилей зубьев, рекомендованные ГОСТ 5524-75 и СибНИИЛП [1, 5]*

Перем. факторы	Уровни варьирования с шагом 26мм			Уровни варьирования с шагом 32 мм			Уровни варьирования с шагом 40 мм		
	нижний	основной	верхний	нижний	основной	верхний	нижний	основной	верхний
$r$	5	5,5	6	6	6,5	7	7,5	8	8,5
$l$	9,5	10,5	11,5	13	14	15	16,5	17,5	18,5
$h$	16	17	18	21	22	23	26,5	27,5	28,5
$\gamma$	15	17,5	20	15	17,5	20	15	17,5	20
$\alpha$	22	24,5	27	23	25,5	28	23	25,5	28

Углы по ГОСТ 5524-75 для рамных пил предусмотрены одинаковыми для всех условий распиловки. Работами СибНИИЛПа рекомендованы различные значения углов для разных условий распиловки [1]. Вообще, с точки зрения уменьшения силы резания выгоднее работать с большим передним углом. Следует указать и на то, что удаление стружки протекает в лучших условиях при величине переднего угла более 15°. Теоретический анализ показал, что силы резания и подачи уменьшаются с увеличением заднего угла. Наиболее интенсивное уменьшение сил, как показывают исследования, происходит при уменьшении заднего угла до 22°.

Для распиловки мерзлой древесины СИБНИИЛПОм рекомендуются следующие значения углов:  $\gamma = 15-20^\circ$ ,  $\alpha = 27-22^\circ$ .

Для эксперимента были приняты следующие переменные факторы (таблица 3). ЦНИИМОД для рамных пил с получением технологических опилок рекомендует другие параметры зубьев (таблица 4).

Таблица 4

*Переменные факторы для профилей зубьев, рекомендованных ЦНИИМОДом [4]*

Перем. факторы	Уровни варьирования с шагом 26 мм			Уровни варьирования с шагом 32 мм			Уровни варьирования с шагом 40 мм		
	нижний	основной	верхний	нижний	основной	верхний	нижний	основной	верхний
$r$	5	5,5	6	7	7,5	8	10	10,5	11
$l$	10	11	12	12	13	14	14	15	16
$h$	17	18	19	18,5	19,5	20,5	22	23	24
$\gamma$	18	20	22	23	25	27	23	25	27

$\alpha$	21	23	25	16	18	20	16	18	20
----------	----	----	----	----	----	----	----	----	----

План  $B^5$  содержит 42 опыта. Для каждого опыта по принятым значениям переменных факторов были построены профили зубьев пилы и посчитаны площади (найжены значения выходной функции). В общей сложности было построено 252 таких профилей.

Для получения максимальных функций была применена программа «Optimize», разработанная в среде Delphi. Результаты вычислений представлены в таблице 5.

В результате проведения эксперимента были получены математические модели, описывающие зависимость площади впадины  $f_v$  (выходная функция) от пяти факторов (радиус закругления  $r$ , длина задней грани  $l$ , высота  $h$ , углы  $\gamma$  и  $\alpha$ ) при трех значениях шагов: 26, 32, 40 мм.

Таблица 5

#### Значения факторов, максимизирующих функцию

Шаг зубьев, мм	Макс. значение выходной функции, мм <sup>2</sup>	Значения факторов					Коэффициент формы зуба $\Theta$
		$r$ , мм	$l$ , мм	$h$ , мм	$\gamma$ , град.	$\alpha$ , град.	
По данным, рекомендованным СибНИИЛП							
26	299,84	6	10,6	17,6	20	27	0,444
32	444,24	7	13	23	20	28	0,434
40	683,3	8,5	17,9	28,5	20	28	0,427
По данным, рекомендованным ЦНИИМОД							
26	363,6	6	10	19	22	25	0,538
32	395,22	8	12	20,5	27	20	0,386
40	591,56	11	14	24	27	20	0,37

Анализ полученных моделей показал, что в наибольшей мере влияние на увеличение площади межзубовой впадины оказывает увеличение высоты зуба пилы. Увеличение значений заднего угла, радиуса закруг-

ления и переднего угла умеренно влияет на увеличение площади.

Увеличение длины задней грани зуба приводит к уменьшению функции.

Достоверность полученных результатов подтверждается тем, что разница значений выходной функции и функции отклика не превышает 3 % во всех рассматриваемых случаях.

Полученные в ходе эксперимента математические модели позволяют рассчитывать значения коэффициента  $\Theta$  для различных вариантов параметров зубьев пилы.

В результате проведенных исследований нами проанализировано влияние на величину подачи за один двойной ход геометрических параметров зубьев рамных пил и температурно-влажностных свойств древесины.

Установлено, что коэффициенты  $\alpha_{\text{упл}}$  и  $\Theta$  из формулы (2) для расчета  $S_{2,\text{х}\theta}$  до настоящего времени детально не анализировались. При этом изменение их величины позволяет управлять значением  $S_{2,\text{х}\theta}$  и в результате повышать эффективность распиловки мерзлой древесины на лесопильных рамах.

#### Выводы.

1. Значения коэффициента  $\alpha_{\text{упл}}$ , рассчитанные по предлагаемой нами формуле (4), позволяют учитывать влияние гидротермического состояния древесины и ее плотности при назначении режимов распиловки мерзлой древесины.

2. Уравнения регрессии, полученные для определения площади межзубовой впадины зуба пилы, позволяют рекомендовать обоснованные значения коэффициента  $\Theta$  при назначении параметра  $S_{2,\text{х}\theta}$ .

3. Значения коэффициентов  $\Theta$  и  $\alpha_{\text{упл}}$  позволяют сформулировать рекомендации, повышающие эффективность распиловки мерзлой древесины на лесопильных рамах.

#### Литература

- 1 Руководящие технические материалы по определению режимов пиления мерзлой древесины лиственницы на двухэтажных лесопильных рамах. Красноярск: СибНИИЛП, 1975. 44 с.
- 2 Корчма И.С. Повышение производительности лесопильных рам при распиловке мерзлой древесины // Деревообрабатывающая пром-сть. 2011. № 2. С.8 - 10.
- 3 Чудинов Б.С. Теория тепловой обработки древесины. М.: Наука, 1968. 256 с.
- 4 Руководящие технические материалы по распиловке хвойной древесины на двухэтажных лесопильных рамах с получением технологических опилок для целлюлозно-бумажного производства. Архангельск: ЦНИИМОД, 1975. 32 с.
- 5 ГОСТ 5524-75. Пилы для вертикальных лесопильных рам. Технические условия; введ. 1976 -07-01. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1975. 12 с.

#### References

- 1 Engineering guidelines to determine frozen larch sawing mode at a split-level saw frame. Krasnoyarsk: SibNILP, 1975. 44 s.
- 2 Korchma I.S. Saw frames productivity improvement while sawing frozen timber // Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'. – M.: OAO «Tropografiya «Novosti»». 2011. №2. S. 8 -10.
- 3 Chudinov B.S. The heat treatment of wood theory. M.: Nauka, 1968. 256 s.
- 4 Engineering guidelines for sawing softwood split-level saw frames to obtain process sawdust for pulp and paper manufacture. Arkhangel'sk: TsNIIMOD, 1975. 32 s.
- 5 GOST (the State Standard) 5524-75. Vertical log frame saws. Specifications; ved. 1976 – 07 – 01. M.: Gosstandart Rossii: Izd-vo standartov, 1975. 12 c.