

УДК 674.023

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭВМ ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ
Л. Т. Свиридов, А. В. Ивановский, В. П. Ивановский (ФГОУ ВПО ВГЛТА)

Прикладной целью, разработанной в нашей стране теории резания древесины, является определение наилучших режимов резания с помощью различных расчётных методов. Современные инженерные расчёты резания древесины основаны на «объёмной» формуле мощности резания с участием удельной работы резания и системы поправочных множителей, численные значения которых устанавливаются экспериментально. Однако проверенные на практике авторитетные работы по конкретным процессам резания не соответствуют обработке древесины, прессуемой и натуральной из мягких лиственных пород [1]. Различие в поправочных множителях по данным перечисленных работ составляет от 10 до 30 %, что на практике приводит к неоправданным энергозатратам, перерасходу сырья, снижению производительности технологического оборудования по раскрою древесины и ухудшению качества выпускаемой продукции. По полученным номограммам легко определить основные режимные характеристики процессов.

Методика расчета силовых и мощностных параметров процесса резания древесины и назначение режима работы дереворежущих станков соответствует обработке как натуральной, так и прессованной древесины. Расчетные зависимости и методики обеспечивают простоту составления алгоритма, использование ЭВМ и содержат минимум табличного материала. Для случая деления натуральной и прессованной древесины авторами разработаны аналитические методы расчета скорости подачи и мощности привода. В разработанной методике практически исключен объемный табличный материал, который представлен в виде расчетных подсистем [2]. На основе анализа различных источников в ФГОУ ВПО ВГЛТА созданы алгоритмы расчета различных режимов резания, позволяющие получить оптимальные режимы резания древесины, и составлены программы для их реализации. Подсистема автоматизированного расчета режимов резания программно реализована в среде *MS Visual Basic*. Программа предназначена для работы в операционной системе *Windows* *.

Программное обеспечение имеет модульную структуру, которая приведена на рисунке 1.

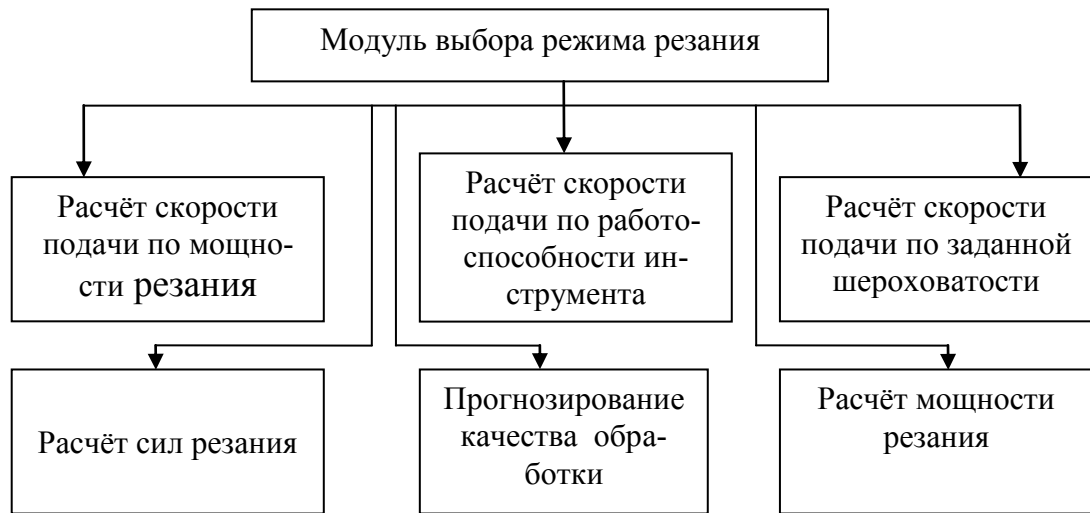


Рисунок 1 – Структурная схема программы

Каждый модуль автономен, и пользователь сам выбирает необходимый для вычисления режим [1]. Например, для модуля расчёта мощности резания и подачи, который обычно используется для вычисления мощности привода главного движения и подачи, а также может быть использован для определения загрузки установленных двигателей на станках, использовались исходные данные, приведённые в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные расчёта мощности резания

№	Входные величины	Расчётные зависимости	Выходные данные
1	U	$V_{1C} = f_n \frac{U}{60}$ $K = K_{табл.} \cdot a_{нопр}$ $K_T = f(a_{ср})$	$N = K \cdot V_{1C}$
2	f_n		
3	$a_{нопр.}$		
4	$a_{ср.}$		

где U – скорость движения подачи, м/мин; f_n – площадь поперечного сечения срезаемого слоя, мм²; $a_{нопр.}$ – общий поправочный множитель; $a_{ср.}$ – средняя толщина срезаемого слоя, мм.

Для модуля расчета сил резания использовались исходные данные, представленные в таблице 2.

Для расчета допустимой скорости подачи по максимальной работоспособности инструмента использованы исходные данные, представленные в таблице 3.

Для получения сведений об ожидаемой шероховатости поверхности использовались исходные данные, приведенные в таблице 4.

Использование исходных данных, представленных в таблицах 1,2,3,4, позволяет получить алгоритмы решения задач по расчету режимов резания древесины. Алгоритм решения задачи по расчету мощности резания представлен на рисунке 2.

Таблица 2 – Исходные данные для расчёта сил резания

№	Входные величины	Расчётные зависимости	Выходные данные
1	N	$Z_p = \frac{l}{f(Z)}$	$F_{xy} = N / V_{cp}$ $F_{x(p.x.)} = 2F_{xu}$ $F_{xcp} = F_{x(p.x.)} / iZ_p$ $F_{zcp} = F_{xcp} \cdot m$ $F_{zy} = F_{xy} \cdot m$
2	Z		
3	i		
4	V_{cp}		
5	l	$m = f(a_{cp}, a_p) + f(\delta)$	
7	a_{cp}		
8	δ		
9	a_p		

где N – мощность резания, Вт; Z – число режущих элементов инструмента, шт.; i – число установленных инструментов, шт.; δ – угол резания, град; a_p – рабочий кинематический задний угол, град.

Таблица 3 – Исходные данные расчета допустимой скорости подачи по максимальной работоспособности инструмента

№	Задаваемые величины	Расчётные зависимости	Итоговая формула
1	Q	$S_{z\sigma} = \frac{Q \cdot t_3}{\sigma_{\min} \cdot t_{\max}}$	$U_{\sigma} = \frac{S_{z(\sigma)} \cdot Z_n \cdot n}{\sigma_{\min} \cdot t_{\max}}$
2	σ_{\min}		
3	t_{\max}		
4	t_3		

где Q – коэффициент формы впадины; σ_{\min} – допускаемое минимальное значение коэффициента напряженности впадины; t_{\max} – максимальный шаг зубьев, мм.; t_3 – шаг режущих элементов в инструменте, мм.

Таблица 4 – Исходные данные для прогнозирования качества обработки

№	Задаваемые величины	Расчётные зависимости	Итоговая формула
1	U	$y_1 = f(S_z, \varphi_{вых}, \tau_p)$ $S_z = f(U)$	$R_{m \max} = y_1 \cdot 1000$
2	τ_p		
3	$\varphi_{вых}$		
4	t_3		

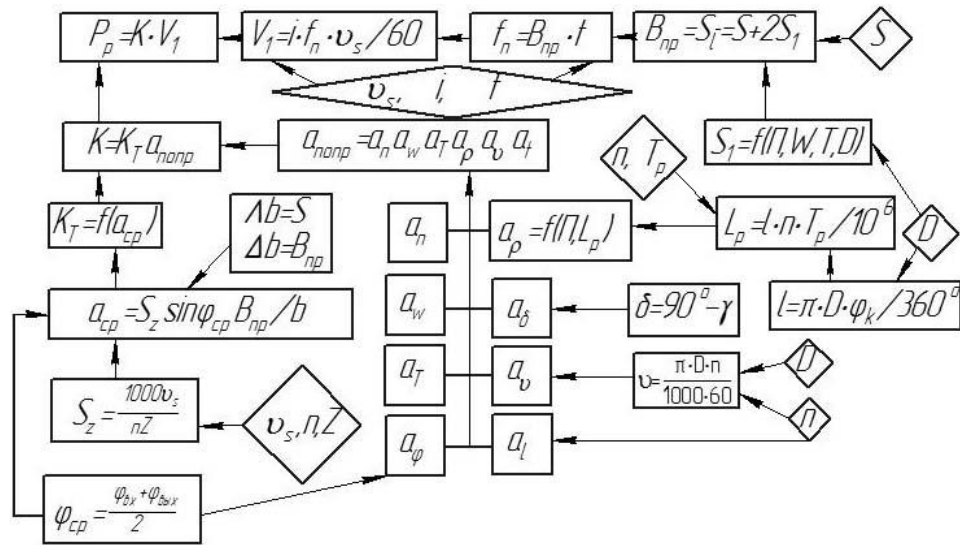


Рисунок 2 – Алгоритм решения задачи по расчету мощности резания

На рисунке 3 представлен алгоритм по расчету ожидаемого качества станочной обработки

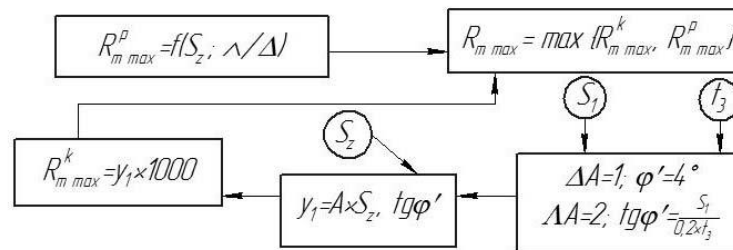


Рисунок 3 – Алгоритм решения задачи по расчету ожидаемого качества станочной обработки

На рисунке 4 представлен алгоритм по расчету скорости подачи исходя из заданной мощности пиления

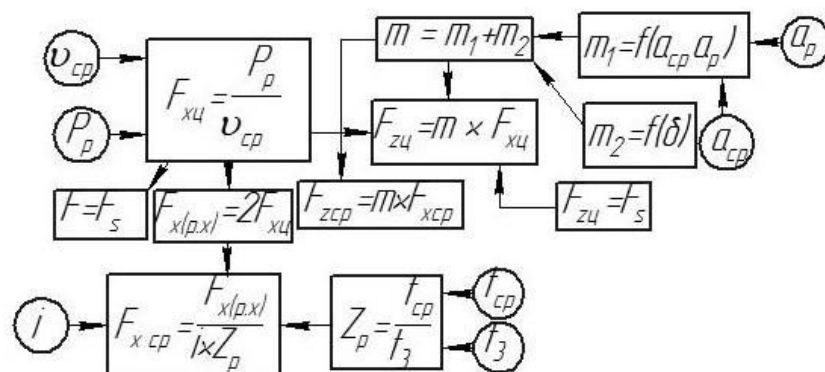


Рисунок 4 – Алгоритм решения задачи по расчету скорости подачи исходя из заданной мощности пиления

На рисунке 5 представлен алгоритм, по расчету скорости подачи исходя из задаваемой шероховатости поверхности

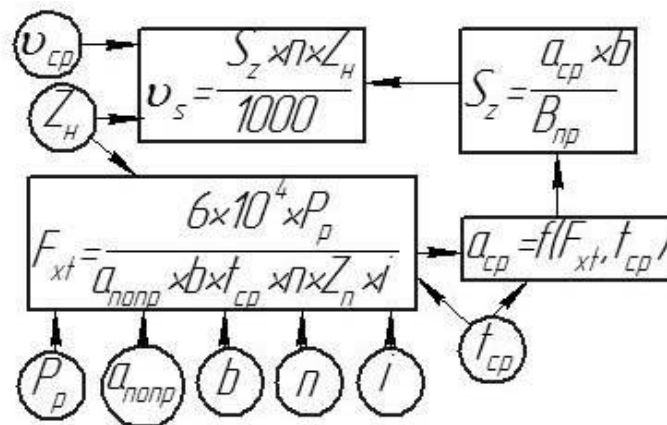


Рисунок 5 – Алгоритм решения задачи по расчету скорости подачи исходя из задаваемой шероховатости поверхности

На рисунке 6 представлен алгоритм по определению скорости подачи, исходя из максимальной работоспособности режущего инструмента.

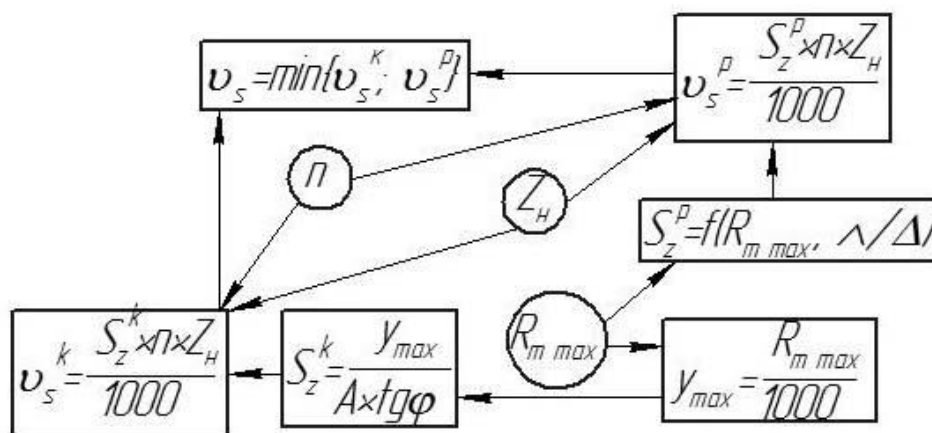


Рисунок 6 – Алгоритм решения задачи по расчету скорости подачи, исходя из наибольшей продолжительности работоспособности инструмента

Использование полученных алгоритмов дает возможность разработать программное обеспечение для расчетов режимов пиления древесины.

На основе полученных алгоритмов разработаны автономные программные модули, где пользователь сам выбирает необходимый для вычисления режим (рис.2). Например, пользовательский интерфейс модуля расчёта мощности резания и подачи, который обычно используется для вычисления мощности привода

главного движения и подачи, а также может быть использован для определения загрузки установленных двигателей на станках представлен на рисунке 7.

Расчет мощности резания

Исходные данные

Скорость движения подачи, м/мин

Площадь поперечного сечения, мм²

Порода древесины: Липа

Влажность древесины, %

Температура древесины, град.

Угол встречи, град. 20

Путь резания, км

Угол резания, град.

Угол, град. 50(40)

Скорость резания, м/с 10

Глубина обработки, мм

Толщина срезаемого слоя, мм

Тип обработки

Фрезерование

Пиление круглыми пилами

Пиление рамными пилами

Пиление ленточными пилами

Коэффициент а:

Мощность резания: Вт

Продолжить

Отмена

Назад

Рисунок 7 – Пользовательский интерфейс модуля по расчету мощности резания

Пользовательский интерфейс модуля по определению сил резания представлен на рисунке 8.

Расчет сил резания

Исходные данные

Способ резания

Средняя скорость резания

Мощность резания

Число установленных инструментов, шт

Шаг режущих элементов в инструменте, мм

Глубина резания, мм

Средняя толщина срезаемого слоя, мм

Поправочный множитель на остроту инструмента

Коэффициент формы впадины

Результат

Сила резания:

F_x - по оси X

F_y - по оси Y

F_z - по оси Z

F_s - по радиусу резания

F_n - по нормали

Расчет

Отмена

Назад

Рисунок 8 – Пользовательский интерфейс модуля по определению координатных сил резания древесины

Пользовательский интерфейс модуля, по определению скорости подачи исходя из максимальной работоспособности режущего инструмента, представлен на рисунке 9.

The screenshot shows a window titled "Расчет скорости подачи по работоспособности инструмента". It is divided into two main sections: "Исходные данные" (Initial data) and "Тип обработки" (Processing type). In the "Исходные данные" section, there are five input fields: a dropdown for "Тип древесины" (Wood type), and four text boxes for "Шаг режущих элементов в инструменте, мм" (Cutting element pitch, mm), "Максимальная высота пропила, мм" (Maximum cut height, mm), "Число оборотов в минуту, об/мин" (RPM), and "Общее число режущих элементов инструмента, шт." (Total number of cutting elements). The "Тип обработки" section has three radio buttons: "Пиление круглыми пилами" (selected), "Пиление рамными пилами" (Frame sawing), and "Пиление ленточными пилами" (Bandsawing). Below this is a label "Максимальная скорость подачи:" followed by a text box and the unit "М/МИН". At the bottom are three buttons: "Вычислить" (Calculate), "Отмена" (Cancel), and "Назад" (Back).

Рисунок 9 – Пользовательский интерфейс модуля по расчету максимальной допустимой скорости подачи исходя из наибольшей работоспособности инструмента

Интерфейс модуля, по расчету скорости подачи исходя из получения заданного уровня шероховатости поверхности, представлен на рисунке 10.

The screenshot shows a window titled "Расчет скорости подачи по заданному уровню шероховатости". It is divided into two main sections: "Исходные данные" (Initial data) and "Тип обработки" (Processing type). In the "Исходные данные" section, there are four input fields: two radio buttons for "Угол встречи, град." (Meeting angle, degrees) with options "20...50" and "60...70", a dropdown for "Тип зубьев" (Tooth type), a dropdown for "Необходимая шероховатость поверхности, мкм" (Required surface roughness, micrometers), and two text boxes for "Число оборотов в минуту, об/мин" (RPM) and "Общее число режущих элементов инструмента, шт." (Total number of cutting elements). The "Тип обработки" section has three radio buttons: "Фрезерование" (Milling), "Пиление круглыми пилами" (selected), "Пиление рамными пилами" (Frame sawing), and "Пиление ленточными пилами" (Bandsawing). Below this is a label "Максимальная скорость подачи:" followed by a text box and the unit "М/МИН". At the bottom are three buttons: "Вычислить" (Calculate), "Отмена" (Cancel), and "Назад" (Back).

Рисунок 10 – Пользовательский интерфейс модуля по расчету скорости подачи исходя из получения заданного уровня качества поверхности

Интерфейс модуля, по расчету скорости подачи исходя из максимального использования мощности резания, представлен на рисунке 11

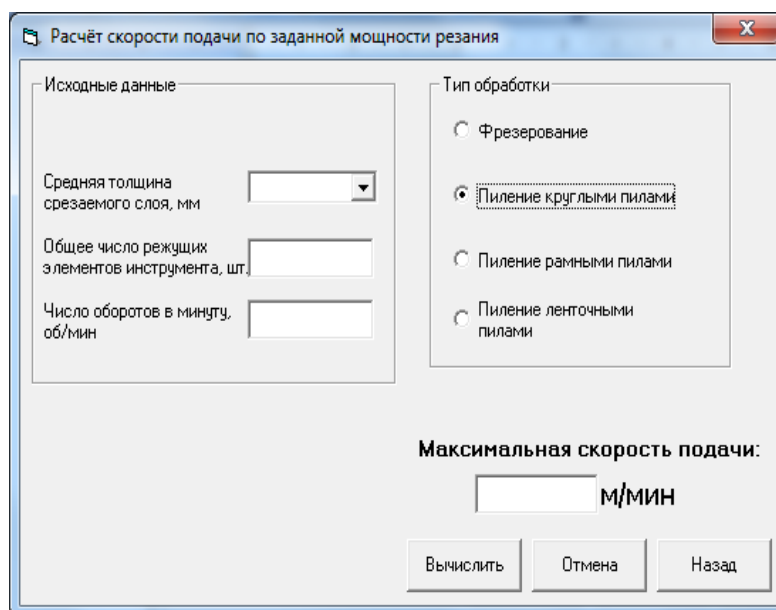


Рисунок 11 – Пользовательский интерфейс модуля, по расчету скорости подачи исходя из заданной мощности резания

Современные инженерные расчеты резания древесины базируются на результатах экспериментальных исследований. В качестве основных справочных материалов используют результаты наиболее полных авторитетных работ по конкретным процессам резания [3]. Влияние условий расчета, отличных от условий базового эксперимента, учитывают системой поправочных множителей, численные значения которых также установлены экспериментально. Численные значения поправочных множителей найдены по результатам экспериментов. Варьированием на ЭВМ, с помощью разработанных алгоритмов и программы расчёта интенсивных режимов деления древесины, для удобства пользователей впервые разработаны номограммы для определения основных режимов резания древесины мягких лиственных пород (рис. 12, 13). По предлагаемым номограммам легко определить основные режимные характеристики процессов деления и формообразования для древесины мягких лиственных пород. На рисунке 12 показана оптимальная область по выбору скорости резания. На рисунке 13 пример выбора интенсивного режима деления мягколиственной древесины круглыми пилами.

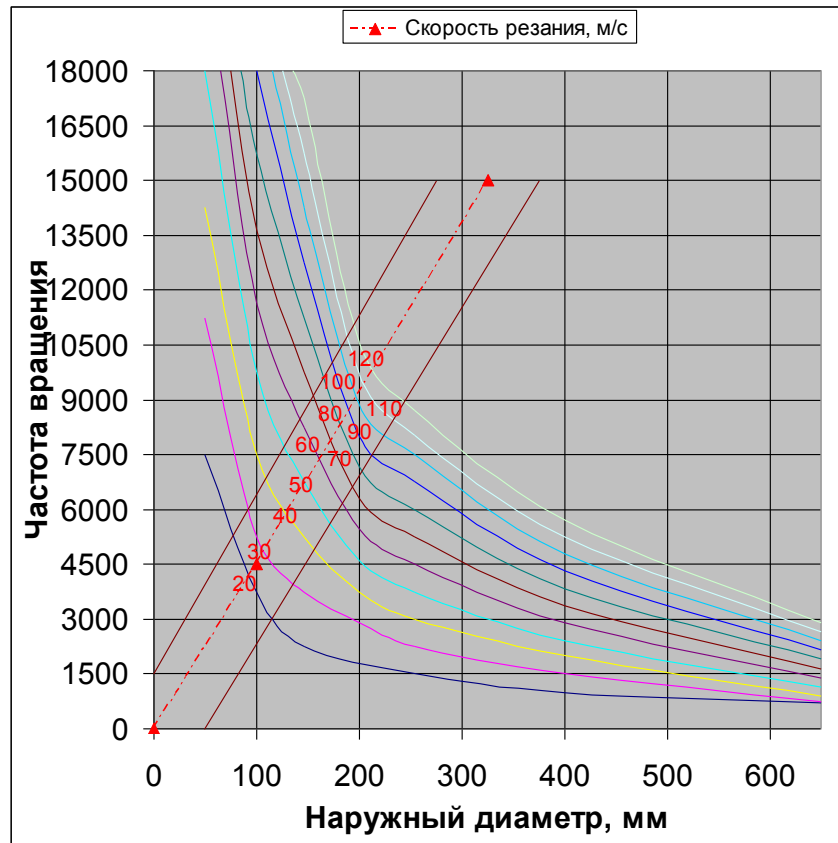


Рисунок 12 – Номограмма по определению скорости резания для круглых пил

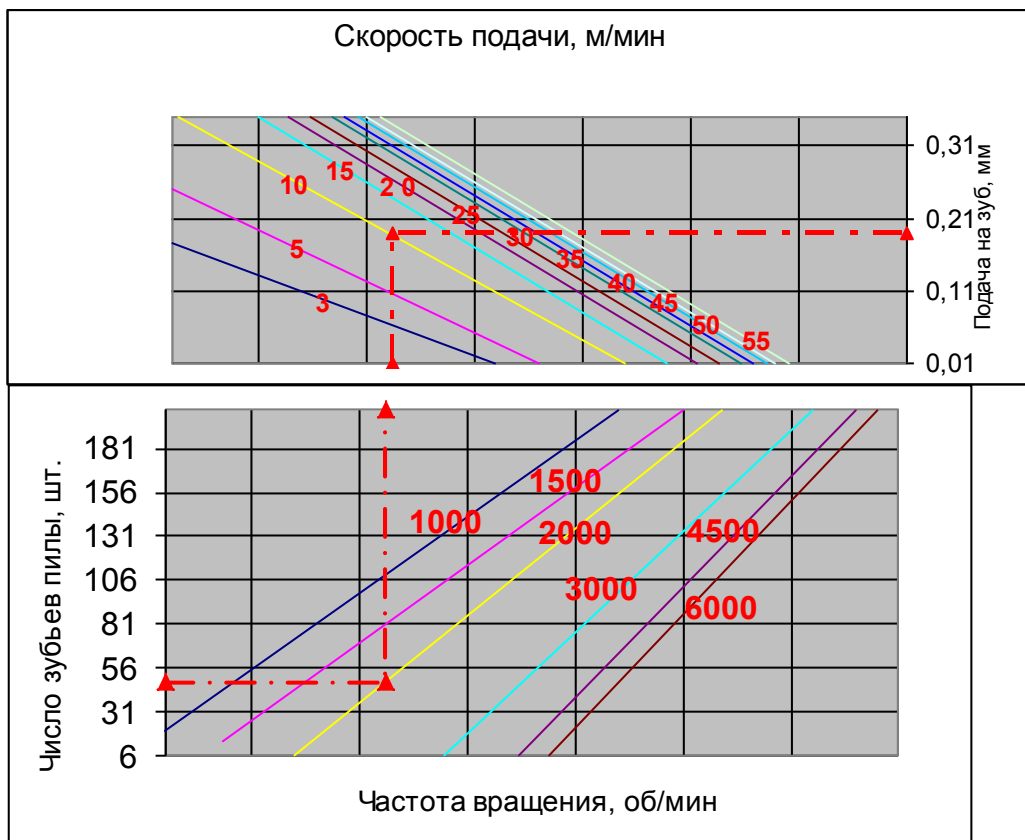


Рисунок 13 – Номограмма по определению режимов пиления круглыми пилами

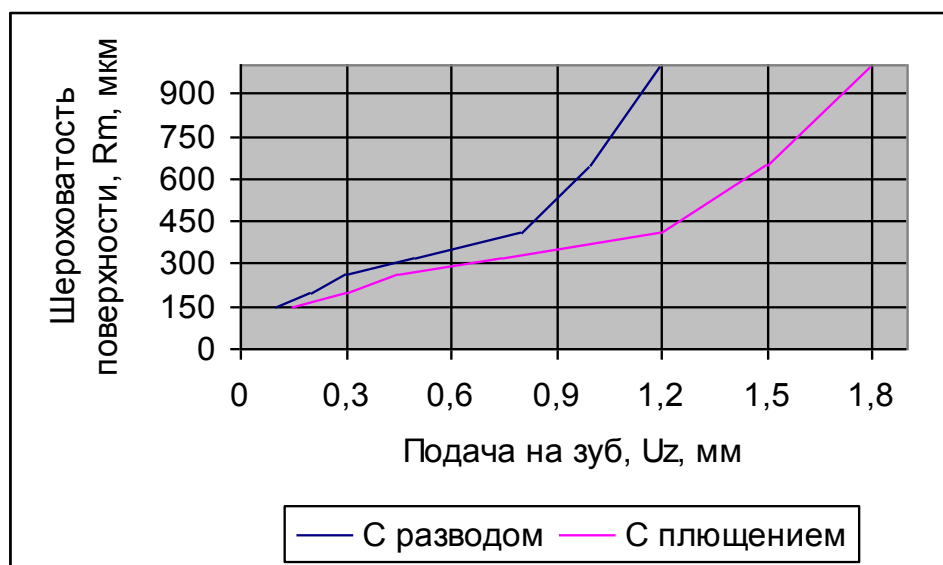


Рисунок 14 – Зависимость шероховатости обработанной поверхности от подачи на зуб

Установлено, что оптимальная зона режимов при продольном делении древесины круглыми пилами и режущими дисками составляет от 0,3 до 1 мм (рис. 14) [4]. Практика показала неэффективность применения у пил одинакового профиля на всех зубьях (с учётом оптимальных параметров инструментов для деления древесины различной плотности). Значительно большей производительности, при той же потребляемой мощности, можно добиться при использовании комбинированных зубчатых венцов пил с подрезающими зубьями.

В результате разработано программное обеспечение для расчета режимов резания древесины, исследованы основные факторы, определяющие эффективное проведение технологического процесса деления древесины и их оптимизации с применением ЭВМ, отличающиеся минимизацией энергоёмкости процессов резания и отходов древесины, были установлены допустимые значения подачи на 1 зуб, отвечающие оптимальным режимам деления мягколиственной древесины. Установлено, что оптимальная зона режимов при продольном делении древесины круглыми пилами и режущими дисками составляет от 0,3 до 1 мм. Разработаны номограммы для определения основных режимов резания древесины мягких лиственных пород.

Библиографический список

1 Свиридов, Л. Т. Современные процессы и оборудование в деревообработке : монография / Л. Т. Свиридов, А. В. Ивановский, В. П. Ивановский. –

Воронеж. : Воронежский ЦНТИ – филиал ФГУ «РЭА» Минэнерго России, 2011. – 363 с.

2 Хухрянская, Е. С. Использование ЭВМ для определения оптимальных режимов резания древесины : сб. науч. тр. XVI междунар. конф. / Е. С. Хухрянская, А. В. Ивановский // Математика. Компьютер. Образование / Кафедра биофизики МГУ. – М. : РХД, 2009. – С. 197.

3 Амалицкий, В. В. Оборудование отрасли : учебник для вузов / В. В. Амалицкий, Вит. В. Амалицкий. – М. : МГУЛ, 2006. – 584 с.

4 Ивановский, А. В. Обоснование малоотходных режимов деления мягколиственной древесины с пониженной энергоёмкостью / А. В. Ивановский // Лесной комплекс : состояние и перспективы развития : сб. науч. тр. / ГОУ ВПО «БГИТА». – Брянск, 2008. – Часть 2. – Брянск. – С.104-107.