

УДК 674.09

**А.Е. Алексеев¹, И.О. Думанский¹, И.Ю. Королев¹, В.П. Елькин¹, С.В. Ершов¹,
Ю.В. Васкан²**

¹Северный (Арктический) федеральный университет

²ЦНИИМОД

Алексеев Александр Евгеньевич родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры технологии конструкционных материалов и машиностроения Северного (Арктического) федерального университета, академик Академии проблем качества, член-корреспондент Метрологической академии. Имеет более 200 научных трудов в области лесопиления.
Тел.: 8 (8182) 21-89-91



Думанский Игорь Олегович родился в 1955 г., окончил в 1977 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии конструкционных материалов и машиностроения Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 40 печатных трудов в области термообработки сплавов, деревообработки.
Тел.: 8 (8182) 21-89-91



Королев Игорь Юрьевич родился в 1950 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры строительной механики и сопротивления материалов Северного (Арктического) федерального университета. Имеет 42 публикации, в том числе 13 авторских свидетельств и патентов в области лесопильно-деревообрабатывающего оборудования и инструментов, экспертизы объектов повышенной опасности.
Тел.: 8 (8182) 21-61-88



Елькин Виталий Павлович родился в 1943 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры экономики Северного (Арктического) федерального университета. Имеет 36 публикаций, в том числе 3 авторских свидетельства в области лесопильно-деревообрабатывающего оборудования и инструментов, экономики.
Тел.: 8 (8182) 21-61-52



Ершов Сергей Викторович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры менеджмента института экономики Северного (Арктического) федерального университета. Имеет 95 печатных работ в области лесопиления, технологии лесопиления, управления инновационной деятельностью.
Тел.: 8 (8182) 28-89-92



Васкан Юрий Валентинович родился в 1953 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, старший научный сотрудник лаборатории круглопильного оборудования и инструмента ЦНИИМОДа, директор станкостроительного предприятия «ИП Васкан». Имеет около 20 печатных работ, включая 8 авторских свидетельств на изобретения и 2 патента, в области разработки, изготовления, наладки и эксплуатации лесопильного оборудования, ремонта инструмента, обучения обслуживающего персонала.
Тел.: 8-921-72-00-895



ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УСЫХАЮЩЕЙ ДРЕВЕСИНЫ

Обоснованы параметры дереворежущего инструмента для переработки усыхающей древесины путем совершенствования параметров лезвийного инструмента и упрочения его режущей кромки в результате термической лазерной обработки.

Ключевые слова: параметры дереворежущего инструмента, усыхающая древесина, упрочение, лазерная термическая обработка.

Запасы усыхающей древесины по лесфонду Архангельской области в настоящее время достигают свыше 150 млн м³. Остро стоит вопрос об ее утилизации или использовании в промышленности. Одним из направлений переработки этой древесины является производство технологической щепы для целлюлозно-бумажного и гидролизного производств, производства древесностружечных и древесноволокнистых плит, биотоплива и т.д. Однако деструктивные процессы, произошедшие в этой древесине под действием слабо- или малоизученных природных факторов, ограничивают возможность ее переработки на существующем оборудовании при традиционных режимах технологических процессов из-за изменения ее физико-механических свойств.

Цель работы – обоснование параметров дереворежущего инструмента для переработки усыхающей древесины путем совершенствования параметров инструмента и упрочнения его режущей кромки.

Подготовка короснимателей окорочных станков и ножей рубительных машин. Большое значение при производстве технологической щепы для целлюлозно-бумажного производства имеет ее качество, обусловленное содержанием коры в щепе, постоянством габаритных размеров щепы и углов ее среза, наличием смятия торцов элементов щепы. Наличие коры в щепе снижает ее сортность (соответственно, область ее использования при дальнейшей переработке в конечную продукцию) и зависит от режимов технологических процессов окорки древесины, конструктивных параметров окорочного оборудования и режущего инструмента, достаточно обоснованных для современного состояния производства щепы из здоро-

вой высококачественной и низкосортной древесины. Для усыхающей древесины с ее изменившимися физико-механическими свойствами такие параметры отсутствуют.

Древесная щепа различного назначения производится на рубительных машинах, использующих лезвийный инструмент – ножи с остро заточенной рабочей кромкой. Угловые параметры этого инструмента определяют как качество производимой щепы, так и энергетические затраты на ее производство. Изменение физико-механических свойств усыхающей древесины требует корректировки и уточнения параметров режущего инструмента в целях получения технологической щепы с требуемыми качественными показателями при минимальном энергопотреблении технологического процесса ее производства. Современные рубительные машины созданы и используются для переработки здоровой древесины со стабильными физико-механическими свойствами. Определены и апробированы на практике основные параметры загрузочных устройств машин, оптимальные угловые параметры направления подачи древесного материала к узлу резания, габаритные размеры и кинематические характеристики рабочих органов машин различной производительности. Поведение усыхающей древесины в процессе ее измельчения в рубительной машине не изучено, что требует проведения исследований и разработки рекомендаций по конструкции загрузочных устройств, расположения режущих элементов в корпусе машины, обоснования основных кинематических параметров движения рабочего органа рубительной машины.

Эффективность производства технологической щепы определяется производительностью процесса – коли-

чеством продукции надлежащего качества, получаемой в единицу времени при минимальных затратах. Значительная доля этих затрат приходится на подготовку и эксплуатацию дерево-режущего инструмента рубительных машин – рубительных ножей. Подготовка ножей к работе заключается в их правке и заточке на специализированном заточном оборудовании – полуавтоматических станках. В летний период эта операция выполняется по мере затупления инструмента в среднем через 8...12 ч работы, в зимний – через 2...3 ч; на подготовку одного ножа затрачивается 3...4 мин [1]. Интенсивность затупления зависит от многих факторов: породы и термовлажностного состояния древесины, вида резания, материала инструмента, места установки на диске, твердости материала ножа и др. Среднее время на замену рубительных ножей в машине составляет 26 мин, что, естественно, снижает эффективное время работы оборудования и его производительность.

Влажность наружных слоев усыхающей древесины снижена. Это приводит к изменению показателей ее физико-механических свойств и неизбежно должно влиять на износостойкость рубительных ножей, а в конечном итоге, на качество вырабатываемой щепы и производительность оборудования для измельчения древесины. На основании вышеизложенного можно наметить следующие направления исследований особенностей переработки усыхающей древесины в технологическую щепу:

1) исследование силовых и качественных характеристик снятия коры с усыхающей древесины и разработка эффективных режимов ее окорки;

2) изучение особенностей резания усыхающей древесины и обоснование основных параметров лезвийно-

го инструмента и оборудования для эффективной ее переработки в технологическую щепу;

3) исследование влияния основных технологических факторов на качество щепы из усыхающей древесины и разработка технологических режимов ее переработки;

4) определение износостойкости рубительных ножей при переработке усыхающей древесины на технологическую щепу и разработка норм расхода этого инструмента.

Проблемы переработки сухостойной древесины на фрезернопильном оборудовании. Перспективным видом лесопильного оборудования являются фрезернопильные агрегаты и фрезерно-брусующие станки. Они предназначены для переработки пиловочного сырья диаметром 14...18 см. Фрезернопильные агрегаты совмещают операции формирования сечений пиломатериалов и получения технологической щепы за один проход бревна. В одном агрегате совмещено несколько операций традиционного пиления – распиловка бревна, обрезка досок и переработка горбылей и реек в технологическую щепу. Фрезерно-брусующие станки обычно работают в технологической линии с круглопильными станками, вырабатывая двухкантный брус, который затем распиливается на круглопильном станке на пиломатериалы. Фрезерно-брусующие станки получили широкое применение для малых и средних лесопильных предприятий. Данный вид оборудования позволяет повысить производительность, качество получаемых пиломатериалов и технологической щепы, снизить трудозатраты по сравнению с традиционным рамным потоком.

При переработке сухостойной древесины неизбежно возникновение

проблем, связанных с понижением качества пиломатериалов и технологической щепы. При этом необходимо экспериментально установить следующие зависимости, связывающие:

толщину и деформацию элемента щепы с физико-механическими характеристиками древесины и угловыми параметрами инструмента;

фракционный состав технологической щепы с режимами фрезерования и физико-механическими характеристиками древесины;

качество пиломатериалов с режимами обработки;

режимы фрезерования с физико-механическими характеристиками мерзлой древесины.

На основании полученных экспериментальных данных можно разработать оптимальные режимы переработки сухостойной древесины.

Локальное упрочнение лезвийного дереворежущего инструмента для обработки сухостойной древесины и пиломатериалов из нее. Для пиломатериалов из сухостойной древесины характерны высокая твердость и отсутствие в ее структуре веществ, выполняющих роль смазки в процессе резания. В этом плане требования к материалу лезвийного инструмента для ее переработки близки к требованиям, которые предъявляют к инструментальным материалам для обработки металлов и сплавов, а также слоистых пластиков (гетинакса, тектонита, стеклотекстолита и т.д.). К основным требованиям относятся высокая твердость и, в определенной степени, теплостойкость, что в совокупности может обеспечить повышение стойкости к абразивному износу режущей кромки инструмента при работе на высоких скоростях резания сухостойной древесины.

Существующая технология упрочнения лезвийного деревообрабатывающего инструмента основана на использовании объемной печной закалки и последующего печного отпуска. Применение такой технологии термообработки позволяет получать удовлетворительный, хотя и далеко не оптимальный, комплекс свойств инструмента для резания обычных пиломатериалов, для которых можно иметь некоторые пониженные уровни твердости, износостойкости и теплостойкости режущей кромки, что в определенной степени компенсируется применением высоколегированных теплостойких (и дорогостоящих) сталей. К материалу инструмента для обработки сухостоя такой подход малоэффективен, поскольку даже для легированных сталей при объемной закалке невозможно получить высокую (HRC62-65) твердость режущей кромки и одновременно достаточную вязкость тела лезвия, обеспечивающую его устойчивость против скалывания при значительных усилиях резания, характерных для работы на высоких скоростях.

Однако существует вид локальной обработки, позволяющий реализовать отмеченные выше требования к материалу для обработки сухостоя, – лазерная термообработка (ЛТО), являющаяся перспективным методом повышения износостойкости режущих кромок деревообрабатывающего инструмента. Достоинства ЛТО, обусловленные уникальными характеристиками лазерного излучения, заключаются в возможности получения упрочненного слоя высокой твердости с необходимой шероховатостью и остаточными напряжениями при отсутствии деформаций, трещин и отслаиваний. Высокая ЛТО сохраняет структуру и свойства тела инструмента, не снижая его

усталостной прочности. Лазерное упрочнение сталей, ввиду высоких скоростей аустенитизации и самозакалки, обеспечивает получение мелкодисперсного мартенсита, что определяет высокую твердость поверхностных слоев даже низколегированных сталей. Также следует отметить высокие производительность, культуру труда и возможность автоматизации процесса при применении лазерного упрочнения. Исследование ЛТО ряда углеродистых, легированных и инструментальных сталей для деревообрабатывающего инструмента показало высокую эффективность и, в некоторых случаях, незаменимость ЛТО для формирования оптимального комплекса их свойств, обеспечивающего высокую стойкость и производительность лезвийного дереворежущего инструмента, что вполне может быть применимо к материалу инструмента для обработки сухостоя. В частности, получаемый упрочненный слой на глубине 150...170 мкм имеет однородную структуру и свойства. Структура упрочненного слоя представляет собой свежезакаленный мартенсит твердостью $H_{\mu} = 947 \text{ кг/мм}^2$ с четкими границами по глубине и переходными зонами незначительной протяженности (менее 15 мкм), имеющими твердость $H_{\mu} = 454 \dots 947 \text{ кг/мм}^2$ (рис. 1).

Получаемая глубина закаленного слоя (150...170 мкм) достаточна для двух-трех переточек изношенного лезвия (при щадящих режимах заточки). Необходимо отметить, что изменение свойств закаленного слоя по ширине на поверхности относительно невелико, поскольку переходные зоны, выходящие на поверхность, имеют незначительное падение твердости ($H_{\mu} = 657 \dots 767 \text{ кг/мм}^2$) и малопротяженны (менее 80 мкм). При переточках в определенных пределах их ширина изменяется незначительно. Существенным также является и то, что при ЛТО значительно (в 1,5–2 раза) повышается теплостойкость инструмента, изготовленного из высоколегированных сталей с высоким содержанием тугоплавких легирующих элементов. Созданное в процессе ЛТО особое структурное состояние и, как следствие этого, оптимальный комплекс свойств режущего инструмента закономерным образом сказываются на повышении износостойкости рабочего лезвия. Износ режущей кромки, подвергнутой ЛТО, в 1,5–2 раза ниже, чем у традиционно упрочненного инструмента на одних и тех же режимах резания. При этом значительно (до 25 %) снижаются мощность, затрачиваемая на резание, и шероховатость поверхности обработанных пиломатериалов (рис. 2).

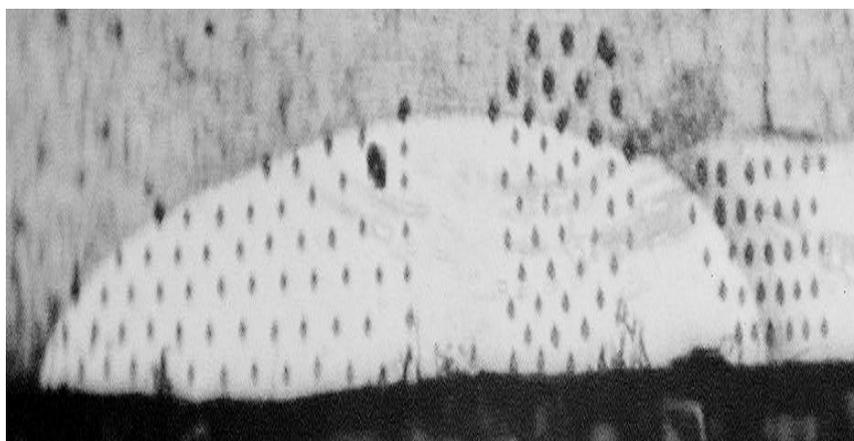
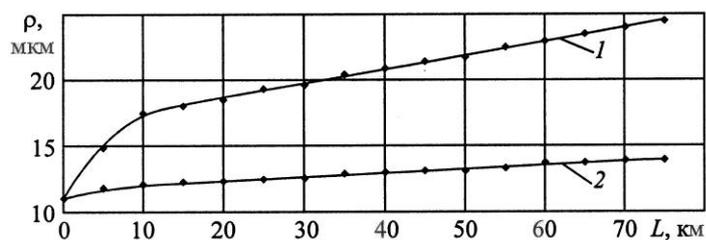
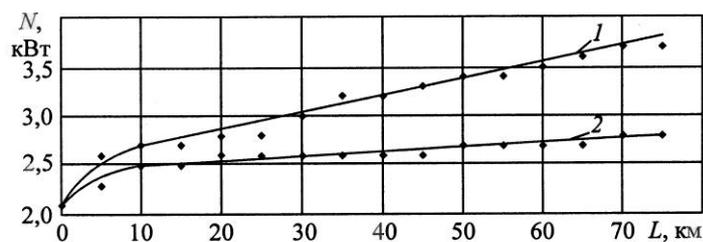


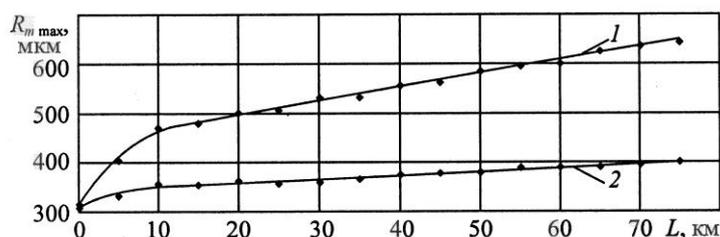
Рис. 1. Зона лазерного воздействия (поперечное сечение)



а



б



в

Рис. 2. Зависимость радиуса закругления режущей кромки (а), мощности резания (б) и шероховатости поверхности (в) от пути резания для традиционного инструмента (1) и инструмента с ЛТО (2)

Рациональные способы получения пиломатериала из сухостойной древесины. Сухостойная древесина обладает несколько иными механическими свойствами по сравнению с обычной древесиной. Отсутствие свободной и частично межклеточной влаги придает такой древесине повышенные механические свойства, а при механической обработке – повышенную теплотворную способность и др. В связи с этим ее рационально перерабатывать на пиломатериалы повышенной толщины, измельченную фракцию и опилки. Опыт показал, что пиломатериалы можно использовать при изготовлении мебели, клееной продукции и изделий для строительства. Для продольной распиловки эффективным инструментом могут служить дисковые пилы с пластинами твердого сплава, а для измельчения – рубительные

машины с геликоидальными ножами. После получения пиловочного сырья его можно будет перерабатывать на фрезернопильных агрегатах типа ФБС-750, ЛАПБ-2М, HEWSAW250 и круглопильных линиях, получающих в ряде случаев электроснабжение от электростанций на биотопливе. Для переработки сырья в трудно доступных местах рационально использовать легко перемещаемые современные круглопильные установки типа КРАБ-36 с электроснабжением от дизель-генератора. В настоящее время разрабатываются и применяются компактные легко монтируемые передвижные станки и агрегаты, которые после адаптации к данному сырью можно с успехом использовать для его переработки и очищения площадей под лесопользование.

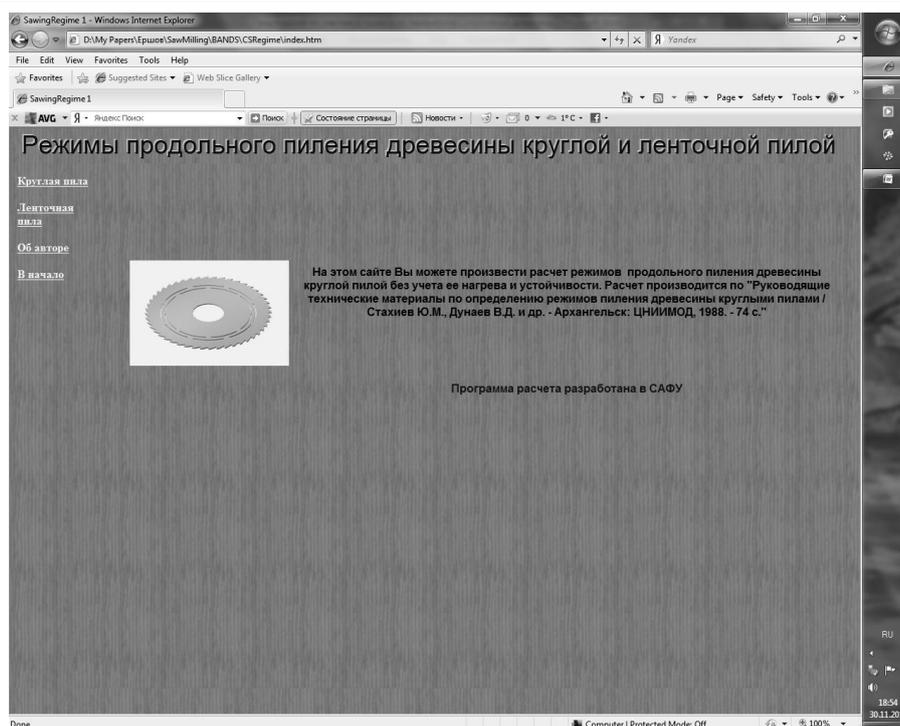


Рис. 3. Стартовая страница

Расчет режимов пиления сухой древесины на круглопильных и ленточнопильных станках. Часть сухой древесины, не подвергаясь биологическому повреждению, может быть переработана на пиломатериалы и заготовки (станет сырьем для лесопильной промышленности). Лесопильное оборудование создается для распиловки сырой древесины влажностью 70...80 %, и все режимы пиления и рекомендации по распиловке приведены именно для этой влажности. При выборе режимов пиления решается задача о выборе скорости подачи распиливаемого материала с учетом трех ограничений: по заполнению впадин зубьев, шероховатости поверхности и мощности привода режущего инструмента. В расчете учитывают угол резания и задний угол зуба пилы, метод уширения зуба, форму впадины, геометрию пилы, высоту пропила, скорость резания, породу и влажность древесины, угол встречи зуба с волокнами древесины. Ранее ЦНИИМОД и УЛТИ (г. Екатеринбург) выполнили научную работу по совершенствованию рекомендаций для ре-

жимов пиления на отечественном оборудовании. Методика расчетов для круглых пил, приведенная в работе [2], довольно сложная в использовании и предполагает работу с большим количеством таблиц справочных коэффициентов, поэтому ее применение в условия производства затруднено.

В связи с этим предлагается программа с web-интерфейсом для расчета режимов пиления круглыми и ленточными пилами, разработанная в САФУ и доступная для всех пользователей Интернета. Она предназначена для расчета режимов пиления при любых нестандартных условиях. На стартовой странице (рис. 3) производится выбор круглопильного или ленточнопильного станка. При выборе круглопильного станка открывается страница с параметрами пилы, станка и распиливаемой древесины (рис. 4).

После ввода или выбора всех параметров нажимается кнопка «Расчет» и в поле вывода появляется результат расчета с указанием наименьшей скорости подачи и ограничивающего фактора (рис. 5).

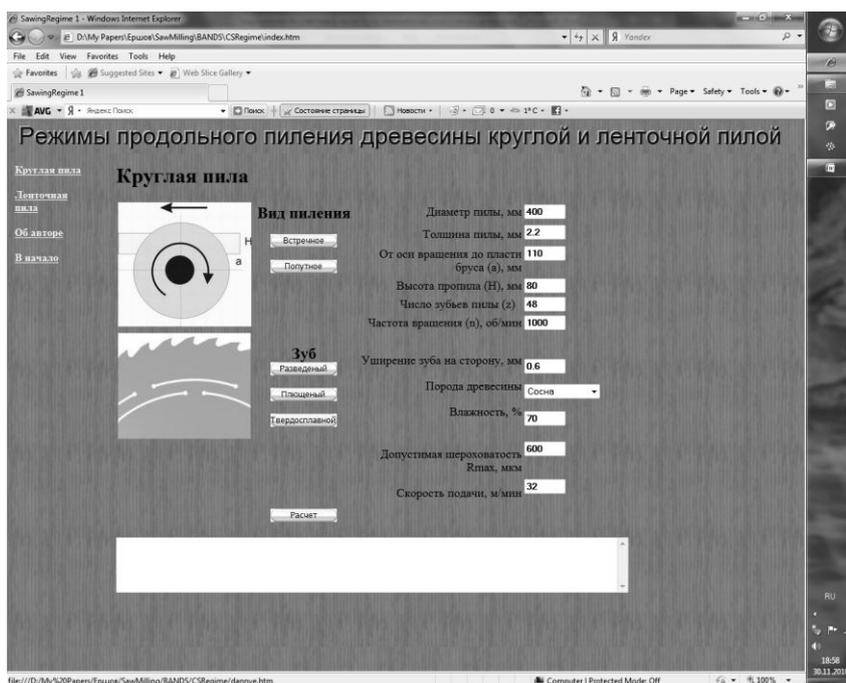


Рис. 4. Расчет режимов резания на круглопильном станке

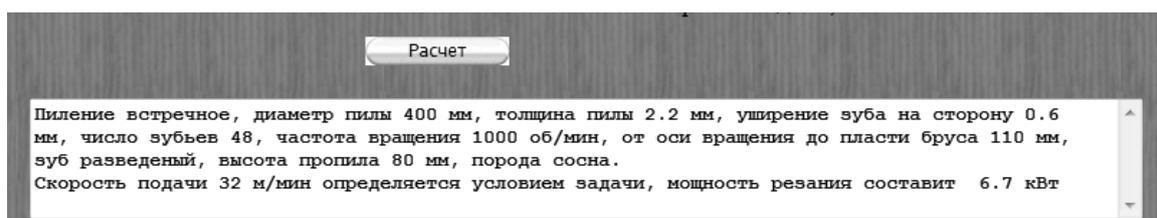


Рис. 5. Результаты расчета

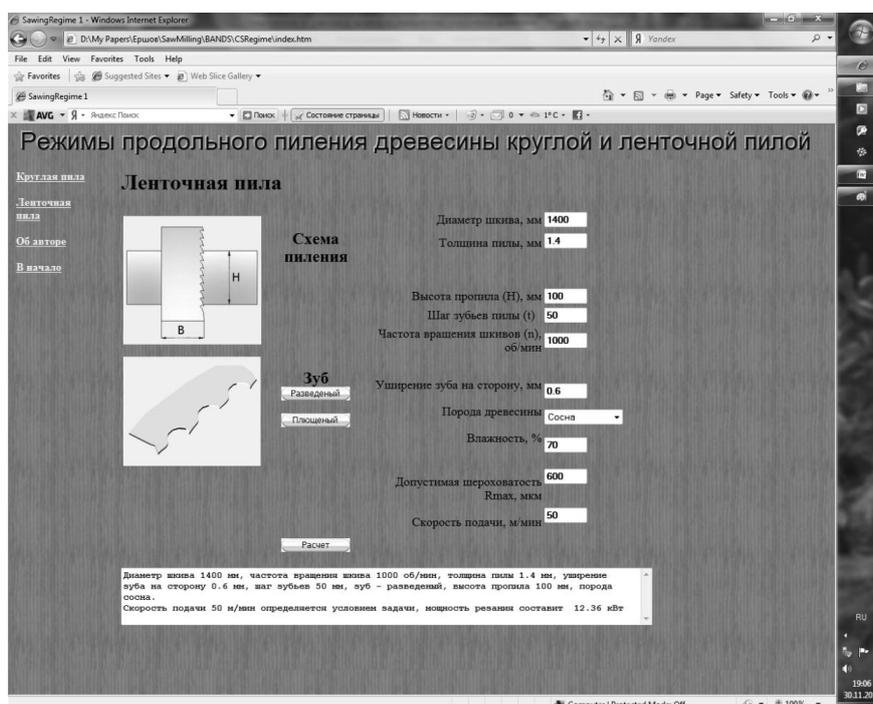


Рис. 6. Расчет режимов резания на ленточнопильном станке

Аналогично можно рассчитать режимы пиления на ленточнопильном станке (рис. 6).

Таким образом, в ходе достижения поставленной цели могут быть решены следующие основные задачи: обоснование параметров дереворежущего инструмента для переработки усыхающей древесины, упрочение лезвийного дереворежущего инструмента, разработка комплекса оборудования для ее переработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гомонай М.В.* Многолезцовые рубительные машины. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 144 с.
2. Руководящие технические материалы по определению режимов пиления древесины круглыми пилами / Стахийев Ю.М. [и др.]. Архангельск: ЦНИИМОД, 1988. 74 с.

Поступила 08.12.10

A.E. Alekseev¹, I.O. Dumansky¹, I.Yu. Korolev¹, V.P. Elkin¹, S.V. Ershov¹, Yu.V. Vaskan²

¹Northern (Arctic) Federal University

²CNIIMOD

Efficiency Increase of Mechanical Processing of Drying Timber

The parameters of wood-cutting instrument for drying timber processing are justified by improvement of edge tool parameters and strengthening of its cutting edge resulting from thermal laser treatment.

Keywords: wood-cutting instrument parameters, drying timber, strengthening, laser thermal treatment.