

УДК 674.048

И. К. Божелко, ассистент (БГТУ)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НОЖА ДЛЯ НАКАЛЫВАНИЯ ШПАЛ

Рассматривается наколочный станок для глубокой пропитки шпал. Он состоит из вращающихся барабанов с ножами. Оптимальные геометрические параметры ножа определены с помощью компьютерного моделирования. Они позволяют накалывать шпалы повреждений, вырывов и трещин древесины. Накалывание существенно улучшает качество пропитки еловых шпал. Срок эксплуатации таких шпал увеличивается.

It is considered an incision machine for realization of deep impregnation of sleepers. It consists of a rotating drum with knives. Optimal geometric parameters of knives defined by computer simulation. They allow incising sleepers without impaling damage, tearing and cracking of the wood. Incising improves the quality of impregnation spruce sleepers. Service life of such ties increases.

**Введение.** Одним из эффективных способов увеличения глубины пропитки шпалопродукции из труднопропитываемой древесины является накалывание [1, 2]. Наколы оказывают положительное влияние, обеспечивая одинаково глубокую и непрерывную пропитку всего периферического слоя. Микротрещины равномерно распределяют напряжения, способствуют уменьшению трещин при эксплуатации в железнодорожном пути. Использование накалывания расширяет применение ели в качестве сырья для деревянных шпал.

**Основная часть.** Для проведения технологической операции накалывания предлагается использовать конструкцию станков барабанного непрерывного действия [3]. Схема такого станка показана на рис. 1.

Два наколочных барабана (1) расположены один над другим. Расстояние между ними соответствует толщине накалываемого сортамента (2). Барабаны совершают вращательное движение ( $D_r$ ). Сортимент подается прямолинейно горизонтально ( $D_s$ ) в промежуток между барабанами. Скорости движения  $D_r$  и  $D_s$  равны. При вращении барабана лезвия ножей, выступающие над его цилиндрической поверхностью, внедряются в сортимент, оставляя на его поверхности наколы.

В настоящее время нет единого мнения о том, какими должны быть форма и размеры наколочных ножей [4]. Очевидны лишь требования, которым они должны соответствовать:

1. Нож должен обеспечить размеры наколов, установленные ГОСТ 20022.3: глубина для пиленых лесоматериалов толщиной более 50 мм – 15 мм; размер в направлении вдоль волокон древесины – от 10 до 20 мм; в направлении поперек волокон от 2 до 3 мм.

2. Накалывание должно производиться без вырывов и растрескивания древесины.

3. Нож должен быть достаточно прочным, чтобы без поломки выдерживать нагрузки, возникающие при накалывании древесины.

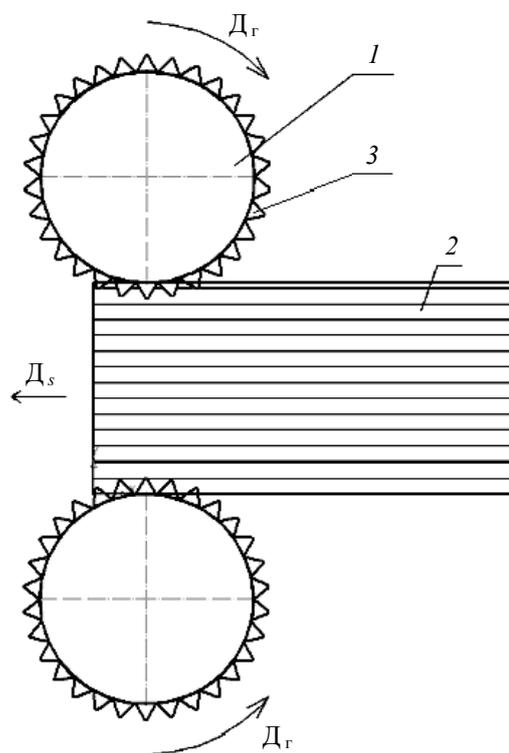


Рис. 1. Схема барабанного наколочного станка:

1 – наколочный барабан;  
2 – накалываемый сортимент; 3 – ножи;  
 $D_r$  – главное движение;  $D_s$  – движение подачи

Для того чтобы определить параметры ножа, обеспечивающие выполнение перечисленных требований, исходя из конструктивных соображений была принята его модель, показанная на рис. 2.

Древесина при внедрении в нее ножа изображенной на рис. 3 формы будет оказывать давление на переднюю поверхность ножа. В принятой упрощенной расчетной модели величина давления будет соответствовать пределу прочности древесины при смятии поперек волокон  $p = \sigma_{см}$ .

Как правило, давление, оказываемое древесиной на обе боковые грани заостренного ножа,

будет одинаковым, что обеспечит его устойчивость. Однако при длительной эксплуатации возможны ситуации, когда нож попадет на край обрабатываемого сортимента и будет воспринимать давление сминаемой древесины только с одной стороны. В этом случае устойчивость ножа может быть нарушена, что приведет к его поломке.

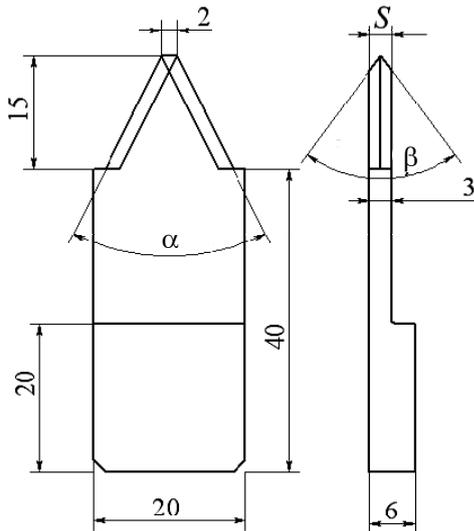


Рис. 2. Модель наколочного ножа:  
α – угол заострения; β – угол заточки;  
S – толщина ножа

С учетом сказанного выше расчеты по определению оптимальных параметров ножа проводили в два этапа. На первом этапе, используя схему с односторонним нагружением, определяли минимально достаточную толщину. При этом рассматривали варианты, когда толщина ножа (S) составляла 1, 2, 3 и 4 мм. Угол заострения ножа принимали  $\alpha = 45^\circ$ , угол заточки  $\beta = 45^\circ$ . В качестве материала, из которого будут изготавливаться ножи, была выбрана сталь С45, прочностные характеристики, которой приведены в таблице.

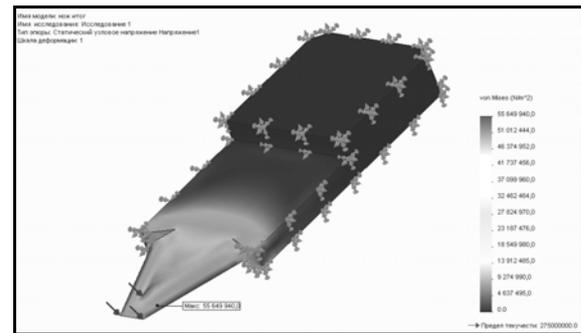
#### Характеристика стали марки стали С45

Параметр	Значение
Модуль упругости, Н/м <sup>2</sup>	$2,1 \cdot 10^{11}$
Коэффициент Пуассона	0,28
Предел прочности при растяжении, Н/м <sup>2</sup>	$4,2 \cdot 10^8$
Предел текучести, Н/м <sup>2</sup>	$2,75 \cdot 10^8$
Модуль сдвига, Н/м <sup>2</sup>	$7,9 \cdot 10^{10}$
Массовая плотность, кг/м <sup>3</sup>	7800

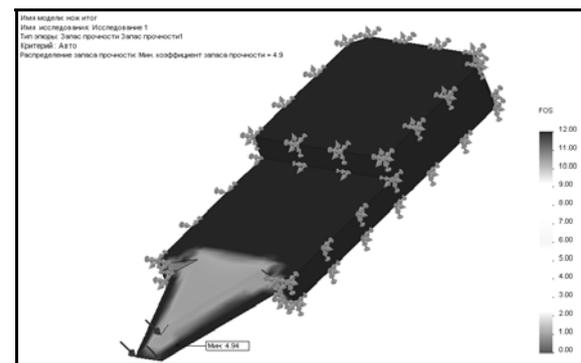
Для построения и расчета модели наколочного ножа был использован системный программный продукт SolidWorks, который позволяет проводить расчет напряжений, возникаю-

щих в модели ножа, при его статистическом нагружении методом конечных элементов.

Результат расчета, выполненного с помощью программы SolidWorks, представляется в виде двух эпюр статического узлового напряжения и запаса прочности по отношению к пределу текучести материала, из которого изготовлен нож. На рис. 3, в качестве примера, показаны результаты расчета, полученные для ножа толщиной  $S = 3$  мм.



a



б

Рис. 3. Результат расчета статистических узловых напряжений, возникающих в ноже при одностороннем нагружении:

a – эпюра нагружений;

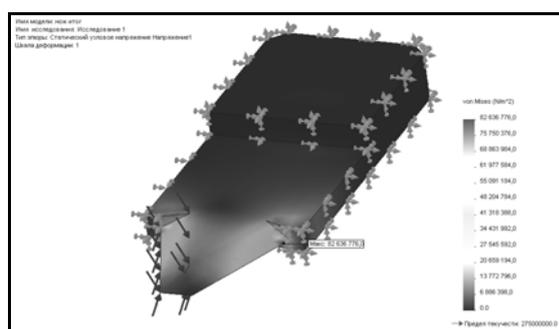
б – эпюра запаса прочности

Как следует из рисунка, максимальные напряжения в ноже при накалывании возникают на передней кромке лезвия ножа на расстоянии примерно 3 мм от нижнего угла. Их величина составляет 55,65 МПа, что в 4,94 раза меньше предела текучести стали С45 и в 7,55 раза меньше предела прочности при растяжении.

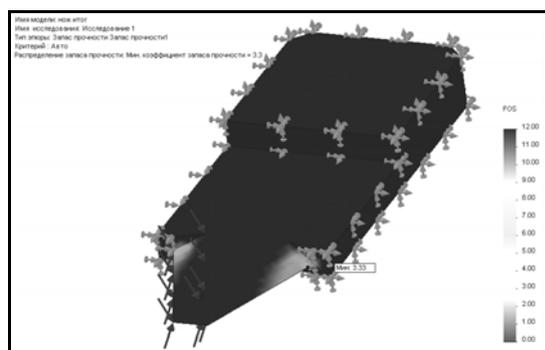
Аналогичные расчеты были проделаны для толщин ножа 1, 2 и 4 мм. В результате выполненных расчетов установлено, что наилучшие условия работы наколочного ножа достигаются при его толщине 3 мм, что не противоречит требованиям ГОСТ 20022.3.

Следующий этап исследований был посвящен определению угловых параметров наколочного ножа: угла заострения ( $\alpha$ ) и угла заточ-

ки ( $\beta$ ). При проведении расчетов угол заострения ножа изменяли в пределах от 30 до 50°. Выбор указанного диапазона был продиктован следующими обстоятельствами. Для принятой модели ножа (рис. 4), глубины накола 15 мм и его размера в направлении вдоль волокон также 15 мм максимально возможный угол заострения ножа составляет 50°. Что касается минимального значения угла  $\alpha$ , то теоретически он может достигать 0°. Однако, как будет показано ниже, маленькие значения угла заострения приводят к резкому возрастанию напряжений, возникающих в ноже при накальвании, что может вызвать его поломку. Именно поэтому нижней границей исследуемого диапазона угла заострения лезвия ножа стало значение  $\alpha = 30^\circ$ . Угол заточки ножа  $\beta$  при проведении расчетов также изменяли в пределах от 30 до 50°. Значения угла менее 30° не рассматривали, т. к. в этом случае средняя ширина наколов уменьшилась бы до 1,5 мм, что значительно меньше рекомендованных выше 3 мм. Верхний предел диапазона (50°) был выбран с учетом возможного раскальвания древесины при внедрении в нее ножа с большим углом заточки.



а



б

Рис. 4. Результат расчета статистических узловых напряжений, возникающих в ноже при двухстороннем нагружении:  
а – эпюра нагружений;  
б – эпюра запаса прочности

Расчеты выполняли с использованием программы SolidWorks и расчетной схемы с двухсторонним нагружением. Толщину ножа приняли равной  $S = 3$  мм. На рис. 4 показан результат расчета, полученный для значений угла заострения  $\alpha = 45^\circ$  и угла заточки  $\beta = 45^\circ$  в виде эпюр напряжений, возникающих в ноже, и запаса прочности.

Установлено, что очень большое влияние на величину возникающих в ноже напряжений оказывает угол заострения лезвия. Чем меньше его величина, тем больше напряжения, возникающие при проведении накальвания. Напротив, угол заточки на величину максимальных напряжений в ноже практически не влияет. Так, например, при  $\alpha = 50^\circ$  увеличение угла заточки в исследуемом диапазоне от 30 до 50° приводит лишь к незначительным и неоднозначным изменениям напряжений в узком интервале 81,46–84,29 МПа.

**Закключение.** Подводя итог выполненным исследованиям, можно рекомендовать следующие параметры наколочного ножа: толщина  $S = 3$  мм, угол заострения лезвия  $\alpha = 50^\circ$ , угол заточки – 30°. Принятая толщина обеспечит устойчивость, а значит, и работоспособность ножа при несимметричном (одностороннем) нагружении, максимально возможный угол заострения лезвия позволит минимизировать напряжения, возникающие в ноже при накальвании, а минимально допустимый угол заточки устранил опасность раскальвания древесины при внедрении в нее ножа. Оптимальные геометрические параметры наколочного ножа, полученные путем компьютерного моделирования, соответствуют данным, полученным аналитическим методом [3].

## Литература

1. Winandy, Jerrold. Effects incising on lumber strength and stiffness: relationships between incision density and depth, species, and msr grade / Jerrold Winandy, Jeffrey Morrell // Wood and Fiber Science. – 1998. – 30 (2). – P. 185–197.
2. Perrin, P. W. Incising and its effects on wood strength and preservative treatment of wood / P. W. Perrin // Forest Prod. – 1978. – J. 28 (9). – P. 27–33.
3. Божелко, И. К. Определение оптимальных геометрических параметров ножа для накальвания шпал / И. К. Божелко, А. П. Фридрих // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 157–160.
4. Баракс, А. М. Глубокая пропитка древесины путем применения наколов / А. М. Баракс, Ю. Н. Никифоров, под общ. ред. А. М. Баракс. – 2-е изд. – М.: Лесная пром-сть, 1969. – 176 с.

Поступила 22.02.2013