

Значения углов γ , α и максимальных сил инерции при разных параметрах кривошипно-кулисного механизма:

$\lambda_k = 0,3$; $\gamma_1 = 140,2^\circ$; $\alpha_1 = 50,2^\circ$; $\gamma_2 = 219,8^\circ$; $\alpha_2 = 129,8^\circ$; $a_{1\max} = 3,64$ м/с²; $a_{2\max} = -3,64$ м/с²; $\lambda_k = 0,4$; $\gamma_1 = 150^\circ$; $\alpha_1 = 60^\circ$; $\gamma_2 = 210^\circ$; $\alpha_2 = 120^\circ$; $a_{1\max} = 7,46$ м/с²; $a_{2\max} = -7,46$ м/с²; $\lambda_k = 0,5$; $\gamma_1 = 157^\circ$; $\alpha_1 = 67^\circ$; $\gamma_2 = 202,9^\circ$; $\alpha_2 = 112,9^\circ$; $a_{1\max} = 11,1$ м/с²; $a_{2\max} = 11,1$ м/с².

Максимальные силы инерции, действующие на вальцы механизма подачи,

$$P_{и\max} = ma_{\max},$$

где m — масса перемещаемого подающими вальцами материала, кг.

Так, на лесопильной раме второго ряда при массе бруса $m = 300$ кг и $a_{\max} = 11,1$ м/с² ($\lambda_k = 0,5$) $P_{и\max} = 3330$ Н.

Аналогичные расчеты можно выполнить и для других конструкций механизмов согласования скоростей резания и подачи.

Выводы

1. Применение кривошипно-кулисного механизма в качестве механизма согласования скоростей резания и подачи лесопильной рамы позволяет на 20 % (при $\lambda_k = 0,5$) уменьшить максимальную подачу на зуб при рабочем ходе пил и на 22 % уменьшить глубину вдавливания зубьев (скобление) в древесину при холостом ходе пил.

2. Уклон пил должен соответствовать параметру кривошипно-кулисного механизма; при $\lambda_k = 0; 0,3; 0,4$ и $0,5$ $U = 0,5\Delta; 0,407\Delta; 0,379\Delta$ и $0,352\Delta$ соответственно.

3. Максимальные ускорения распиливаемого материала ($a_{\max} = 11,1$ м/с²) действуют при смещении кривошипа кулисного механизма по отношению к кривошипу механизма резания $\beta = 90^\circ$ и углах поворота кривошипа механизма резания $\gamma_1 = 157^\circ$ и $\gamma_2 = 202,9^\circ$. Полученные данные позволяют определить максимальные силы инерции, действующие на механизм подачи.

4. Использование кривошипно-кулисного механизма в качестве механизма согласования скоростей резания и подачи лесопильной рамы позволяет увеличить подачу с ограничением по шероховатости пило-материалов на 15...20 % и снизить пиковые силы резания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 697318 СССР, М. Кл. В 27 В 3/10. Механизм непрерывно-переменной подачи лесопильной рамы / Г. Ф. Прокофьев.— № 2610746/29-12; Опубл. 20.11.79 // Открытия. Изобрет.— 1979.— № 42. [2]. Батин Н. А. О кинематике лесопильных рам // Механ. обработка древесины.— 1939.— № 2.— С. 49—53. [3]. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин.— 3-е изд., испр. и доп.— М.: Машиностроение, 1969.— 583 с.

Поступила 23 июня 1989 г.

УДК 674.053 : 621.933.6 (083.75).

О ПЕРЕСМОТРЕ СТАНДАРТА НА МЕЖПИЛЬНЫЕ ПРОКЛАДКИ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЛЕСОПИЛЬНЫХ РАМ

Н. И. КОВЗУН

ЦНИИМОД

В настоящее время отраслевой стандарт [4] отменен. Вместо него с 01.01.90 введены технические условия того же названия [6]. В основу

этого документа положен новый метод расчета толщины межпилыной прокладки, изложенный в работе [1], который принципиально отличается как от метода [4], так и от метода, изложенного в [5].

Нами проанализирована правильность постановки задачи расчета толщины межпилыной прокладки методами [1, 4, 5] и обосновано использование метода [1] в технических условиях на межпилыные прокладки.

Межпилыная прокладка — составляющее звено в технологической размерной цепи. Она предназначена для настройки пары пил на заданную толщину пиломатериалов.

Формулы для расчета толщины прокладки T , используемые в различных методах, имеют вид:

в первом [4]

$$T = H + \frac{\delta_n + \delta_b}{2} + y + 2b; \quad (1)$$

во втором [5]

$$T = H + \delta_n + t\sigma_x + y + 2b; \quad (2)$$

в третьем [1]

$$T = H + \delta_n + t\sigma_{x_{min}} + \bar{y} + 2\bar{b} - \bar{\Delta} + [t\bar{\sigma}]. \quad (3)$$

В этих формулах обозначено:

- H — номинальная толщина пиломатериалов;
- δ_b, δ_n — допускаемые верхнее и нижнее отклонения толщины пиломатериалов от номинального значения;
- y — усушка древесины;
- b — уширение зубьев на сторону;
- Δ — погрешность динамической настройки пары пил на заданную толщину пиломатериалов;
- t — квантиль нормального распределения;

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 / (N-1)} \quad \text{— среднее квадратичное отклонение (СКО) толщины в одной доске;}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\bar{X}} &= \sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_j^2 / n + \sum_{j=1}^n (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2 / (n-1)} = \\ &= \sqrt{[\sigma]^2 + \sigma_{\Delta}^2 + \sigma_T^2 + \sigma_y^2 + 2\sigma_b^2} \quad \text{— СКО толщины в партии пиломатериалов;} \end{aligned}$$

$$\sigma_{x_{min}} = \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_y^2 + 2\sigma_b^2 + \sigma_{\Delta}^2 + \sigma_{t\sigma}^2} \quad \text{— СКО минимальной толщины доски в партии пиломатериалов;}$$

X_i — толщина доски в i -м сечении ($i = 1, \dots, N$);

\bar{X}_j — средняя толщина j -й доски ($j = 1, \dots, n$);
 \bar{X} — средняя толщина пиломатериалов в партии.

Проанализируем соответствие постановки задачи расчета толщины межпилльной прокладки в разных методах общим положением настройки оборудования.

1. В основе настройки оборудования на заданный размер изделия лежит нормативная точность технологического процесса. Существующая система требований на техническое состояние оборудования, подготовку и установку режущего инструмента, режим резания определяет, хотя и косвенно, но однозначно, нормативную точность распиловки. Статистические оценки, характеризующие ее, установлены в [3] и введены в [6] в качестве справочного материала.

Оценим правомерность применения данного положения при расчете толщины прокладки первым и вторым методами. Для этого преобразуем уравнение толщины прокладки по первому методу (прибавим и вычтем нижнее отклонение от номинальной толщины пиломатериалов)

$$T = H + \delta_n + \left[-\delta_n + \frac{\delta_n + \delta_b}{2} \right] + y + 2b,$$

а затем сопоставим его с уравнением толщины прокладки по второму методу:

$$T = H + \delta_n + [t\sigma_x] + y + 2b.$$

Эти уравнения отличаются только слагаемыми в квадратных скобках. Выражение $\left[-\delta_n + \frac{\delta_n + \delta_b}{2} \right]$ представляет собой половину поля допуска, а $[t\sigma_x]$ — половину поля рассеивания пиломатериалов по толщине. В первом методе не ставят вопрос о нормативной точности распиловки. Раз существует допуск пиломатериалов по толщине и нет претензий со стороны потребителя, значит точность распиловки (не суть важно, что стоит за этим понятием) укладывается в допуск. Иначе: $-\delta_n + \frac{\delta_n + \delta_b}{2} = t\sigma_x$.

Во втором методе также не ставят вопрос о нормативной точности распиловки. Вместо нее определяют точность пиломатериалов в партии, взятой в любом месте технологического процесса, в том числе и на складе.

В первом методе не раскрывают физическую сущность задачи, но устанавливают единое для всех предприятий значение толщины прокладки. Во втором методе задачу ставят неправильно, в результате каждому предприятию потребуется иметь несколько толщин прокладок для выработки пиломатериалов одной номинальной толщины. Унификация толщин при таком методе невозможна, так как невозможно в разных выборках пиломатериалов получить одинаковые оценки σ_x .

2. В основе настройки оборудования на заданный размер изделия лежит нормативная точность технологического процесса не по любому, а только по приемочному показателю. Допускается использовать и косвенные показатели, которые функционально связаны с приемочным или достаточно тесно с ним коррелированы. Должна быть установлена форма зависимости, а соблюдение приемочного показателя гарантировано.

В лесопилении в приемочном контроле используют показатели: толщину доски в минимальном сечении X_{min} и разнотолщинность доски R ; при исследовании точности распиловки применяют косвенные

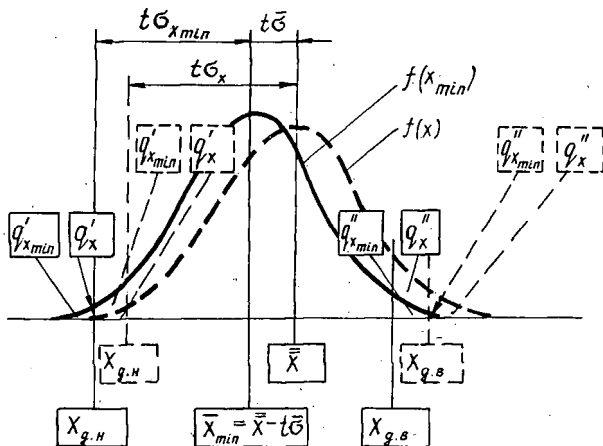
показатели: среднюю толщину доски \bar{X} и СКО толщины в доске σ . В работе [2] приведена зависимость показателей косвенных \bar{X} , σ и приемочного X_{min} в виде уравнения случайных величин (СВ) вида:

$$CB\{X_{min}\} = CB\{\bar{X}\} - tCB\{\sigma\}$$

и показан переход от статистических оценок косвенных показателей к статистическим оценкам приемочного показателя. Последние, вычисленные по нормативным статистическим оценкам косвенных показателей, рекомендованы в качестве нормативных для расчета толщины межпилльных прокладок по третьему методу.

Во втором методе используют показатель — толщина доски в случайно измеренном сечении X_i , который ни функционально, ни статистически не связан с приемочным показателем. Различие двух подходов заключается в том, что во втором методе применяют теоретические положения математической статистики к одной случайной величине $CB\{X\}$, а в третьем методе — к двум случайным величинам $CB\{\bar{X}\}$ и $CB\{\sigma\}$. В результате одна и та же статистическая оценка — среднее квадратичное отклонение толщины в доске σ — во 2-м методе сохраняет свой физический смысл как оценки рассеивания в виде ее среднего значения в партии пиломатериалов (см. слагаемое в подкоренном выражении оценки σ_x , заключенное в квадратных скобках), а в третьем методе приобретает смысл математического ожидания (см. слагаемое уравнения (3), заключенное также в квадратные скобки).

Покажем графически, к чему приводит разница физического смысла одной и той же статистической оценки σ при расчете толщины межпилльной прокладки.



Расположение относительно нижней и верхней границы поля допуска $X_{л.н}$ и $X_{л.в}$ кривых распределения $f(X)$ и $f(X_{min})$, характеризующих точность распиловки по показателям: толщина и минимальная толщина пиломатериала; q' и q'' — уровни дефектности относительно нижней и верхней границ поля допуска

На рисунке изображены кривые распределения $CB\{X\}$ и $CB\{X_{min}\}$, смещенные относительно друг друга на разницу в математических ожиданиях двух случайных величин $t\bar{\sigma}$.

Чтобы гарантировать уровень дефектности по приемочному параметру X_{min} , относительно нижней границы поля допуска следует расположить кривую распределения $f(X_{min})$. Тогда центр группирования

средней толщины пиломатериалов, определяющий толщину прокладки, должен отодвинуться от нижней границы поля допуска не на величину $t\sigma_x$, как по второму методу, а на величину $t\sigma_{x_{min}} + t\bar{\sigma}$. Вот почему в формуле толщины прокладки по третьему методу есть слагаемое $t\bar{\sigma}$, а по второму его нет.

В работе [2] доказана неправомерность использования статистических оценок точности распиловки по показателю X для оценки уровня дефектности пиломатериалов в партии по показателю X_{min} .

Ошибка в выборе параметра, характеризующего точность пиломатериалов, исказила не только физический смысл настройки лесопильной рамы на распиловочный размер, но и смысл контроля точности распиловки. Метод контролирует и гарантирует низкий уровень дефектности по параметру X , в то время как по параметру X_{min} уровень дефектности значительно больше нормы. Это позволило обосновать нереально широкий диапазон толщин межпильных прокладок.

Следуя второму методу, толщину прокладки можно рассчитать как на 1 мм больше, так и на 1 мм меньше, чем применяют передовые лесозэкспортные предприятия и рекомендует [4]. И в том и в другом случаях предприятие будет вырабатывать либо толстые дефектные, либо тонкие дефектные пиломатериалы с потерями в выходе.

3. В основе настройки оборудования на заданный размер лежит расчет размерной цепи, отражающей объективные связи технологического процесса. Замыкающее звено размерной цепи при выработке сечений пиломатериалов — минимальная толщина сухой доски, выражаемая, согласно [1] в виде суммы случайных величин:

$$\begin{aligned} CB\{X_{min, сух}\} &= CB\{\bar{X}\} - CB\{t\bar{\sigma}\} - CB\{y\} = \\ &= CB\{T\} - CB\{b_1\} - CB\{b_2\} + CB\{\Delta\} - CB\{t\bar{\sigma}\} - CB\{y\}. \end{aligned} \quad (4)$$

Статистическими оценками $CB\{X_{min, сух}\}$ являются: математическое ожидание

$$\bar{X}_{min, сух} = \bar{T} - \bar{b}_1 - \bar{b}_2 + \bar{\Delta} - t\bar{\sigma} - \bar{y} \quad (5)$$

и СКО

$$\sigma_{X_{min, сух}} = \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_{b_1}^2 + \sigma_{b_2}^2 + \sigma_{\Delta}^2 + \sigma_{t\sigma}^2 + \sigma_y^2}. \quad (6)$$

Основное условие правильности составления уравнения размерной цепи — соответствие слагаемых в формуле (5) и в подкоренном выражении (6). Поскольку уравнение толщины прокладки получаем из уравнений (4) — (6), то это условие распространяется и на соответствие слагаемых в формуле толщины прокладки и подкоренном выражении СКО, входящего в формулу толщины прокладки. Уравнение толщины прокладки по третьему методу соответствует данному требованию.

Оценим с этих позиций правильность составления уравнения толщины прокладки по второму методу. (Первый метод не рассматриваем, так как он не содержит СКО — элемента, характеризующего уравнение как размерную цепь). Если исходить из предположения, что уравнение толщины прокладки составлено верно, то формула СКО должна иметь вид:

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_y^2 + 2\sigma_b^2}.$$

Но формула СКО по второму методу

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma^2 + \sigma_T^2 + \sigma_y^2 + 2\sigma_b^2 + \sigma_{\Delta}^2} \neq \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_y^2 + 2\sigma_b^2},$$

Следовательно, размерная цепь составлена неверно. В ней не хватает математического ожидания одной случайной величины $CB \{ \Delta \}$. Ошибка заключается в том, что в расчет цепи заложена точность пиломатериалов, а не точность составляющих звеньев технологической цепи, формирующих эту толщину. Параметр \bar{X} характеризует только точность пиломатериалов. Точность распиловки характеризует параметр Δ — погрешность динамической настройки пары пил на заданную среднюю толщину доски $\Delta = \bar{X} - (T + b_1 + b_2)$, т. е. величина, не искаженная погрешностями в толщине прокладки и уширении зубьев пил. Во втором методе имеется похожая на Δ величина M_e , названная средней погрешностью размеров $M_e = \bar{X} - (H + y + t \sigma_x + \delta_n)$. Но M_e — это не разность средней толщины доски и заданного между зубьями пил расстояния, а разность средней толщины доски и центра группирования фактических размеров пиломатериалов во всей продукции, то есть M_e опять характеризует точность пиломатериалов, а не точность распиловки. С использованием величины M_e формула толщины прокладки по второму методу примет вид $T = \bar{X} - M_e + 2b$. В представленной записи ошибочность постановки задачи в целом понятна из логики формулы: чтобы определить толщину прокладки, нужно сначала все-таки выпилить доску толщиной \bar{X} . Эта ошибка наиболее очевидна на примере вновь построенного предприятия, которое как раз и не сможет определить толщину прокладки, так как еще нет пиломатериалов, по которым можно было бы определить данный параметр.

Правильная постановка задачи неизбежно приводит к выводу уравнения толщины прокладки по третьему методу, который и вошел в технические условия.

Применение этого метода позволило обосновать унифицированные толщины межпилльных прокладок для выработки пиломатериалов 57 значений толщины, из древесины четырех групп пород, двух значений заданной влажности. Прокладки с толщинами по [6] могут изготавливать предприятия Минстанкопрома СССР и комплектовать ими новые лесопильные рамы, а также централизованные участки территориальных объединений Минлеспрома СССР для удовлетворения потребности в них отдельных предприятий в данном виде продукции.

Однако для внедрения унифицированных толщин прокладок одних технических условий на прокладки недостаточно. Необходимо унифицировать систему нормативной документации по всему технологическому процессу контроля точности распиловки и толщины пиломатериалов. Поэтому план мероприятий по внедрению [6] предусматривает следующую разработку:

1. РТМ по оценке точности распиловки на лесопильных рамах.
2. Изменение к государственному стандарту на усушку пиломатериалов, в котором должны быть подразделены среднее значение усушки и ее изменчивость.
3. Изменение к государственному стандарту на размеры сухих пиломатериалов, в котором должны быть подразделены допускаемые отклонения размеров в доске и партии пиломатериалов, а также дано терминологическое пояснение приемочных параметров пиломатериалов по толщине: толщины доски в минимальном сечении и разнотолщинности.
4. Типовой стандарт предприятия на размеры сырых пиломатериалов.
5. Технические условия на исполнительные размеры калибров для контроля правильности настройки лесопильной рамы на заданную толщину пиломатериалов и размеров сырых пиломатериалов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ковзун Н. И. Метод расчета толщины межпилы прокладки и взаимосвязанных с нею параметров // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1988.— № 5.— С. 63—71.
[2]. Ковзун Н. И. Статистические оценки точности распиловки и методы их вычисления // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1987.— № 2.— С. 116—120. [3]. Ковзун Н. И. Точность рамной распиловки // Изв. вузов. Лесн. журн.— 1987.— № 3.— С. 121—124.
[4]. ОСТ 13—6—78. Прокладки межпилы для вертикальных лесопильных рам.— Введ. 01.01.79 до 01.01.90. [5]. РТМ по алгоритмизации процессов формирования сечений пиломатериалов / Б. И. Кошуняев, В. Р. Фергин.— Архангельск: ЦНИИМОД, 1987.— 24 с. [6]. ТУ 13—0273675—25—89. Прокладки межпилы для вертикальных лесопильных рам.— Введ. 01.01.90.

Поступила 13 июля 1988 г.

УДК 674.023.001.572

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛУЩЕНИЯ ФАНЕРНОГО ШПОНА

В. Г. РЕМИЗОВ, М. В. КОЗЛОВ, Ю. Д. ТАРШИС

Ярославский политехнический институт

Для расчета и конструирования лущильных станков необходимо знать усилия, действующие на чурак, лущильный нож и прижимную линейку.

Лущение шпона — это процесс непрерывного срезания с вращающегося чурака бесконечной ленты (стружки) постоянной толщины. Резание древесины при лущении происходит в условиях обжима ее прижимной линейкой. При разрушении древесины в области, примыкающей к режущей кромке ножа, трещина распространяется в тангенциальном направлении. Давление, оказываемое линейкой на чурак, препятствует хаотичному распространению трещины. Благодаря этому шпон получается гладким и одинаковой толщины по всей длине обрабатываемой ленты.

Большинство известных методов определения усилий, действующих на лущильный нож и прижимную линейку, базируются на экспериментальных данных. Нами предложена математическая модель разрушения (резания) древесины чурака в районе режущей кромки ножа, основанная на анализе напряженно-деформированного состояния материала. Для определения напряжений в древесине использовано решение задачи теории упругости о действии сосредоточенной силы на клин. Считаем, что действие ножа и прижимной линейки подобно действию сосредоточенных сил, но из рассмотрения исключена область бесконечно больших напряжений, ограниченная радиусами, равными радиусу заточки режущей кромки ножа и закругления прижимной линейки. Значит, контактные напряжения равны напряжениям, которые возникают в клине на указанных расстояниях от точки приложения силы. Используя принцип суперпозиции, напряженное состояние в любой точке рассматриваем как сумму двух линейных напряженных состояний, создаваемых в материале отдельно лущильным ножом и прижимной линейкой. Кроме того, приняты следующие допущения.

1. Пропаренная древесина обладает свойствами ортотропного тела с модулями, соответствующими средним деформациям в зонах резания и обжима.

2. Напряжения в древесине чурака при лущении шпона и контактные напряжения на поверхности ножа и прижимной линейки зависят только от действующих сил и от радиусов заточки ножа и закругления прижимной линейки.