

Анализ уравнения (1) подтверждает сделанный ранее вывод [2] о независимости удельных потерь рабочего времени по пиле от закона распределения продолжительности работы пилы при замене последних по отказам.

Наибольшее влияние на коэффициент удельных потерь оказывают среднее значение работы пил и время на замену пил.

Из уравнений (3)—(5) находим выражения для определения оптимальных значений коэффициентов межпрофилактической замены  $X_5$ : для смешанного способа

$$X_5 = 0,63 - 0,57X_3 + 0,93X_6; \quad (6)$$

для параллельно профилактического

$$X_5 = 1 - 0,0005X_6; \quad (7)$$

для жесткой профилактики

$$X_5 = 0,36 - 0,435X_3 - 0,645X_6. \quad (8)$$

Из уравнений (6)—(8) можно сделать вывод, что оптимальное значение межпрофилактического периода зависит от коэффициента относительного ускорения  $\beta$  и коэффициента Эрланга.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Батин И. В., Дудюк Д. Л. Основы теории и расчета автоматических линий лесопромышленных предприятий.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 175 с. [2]. Дашенко А. И., Белоусов А. П. Проектирование автоматических линий.— М.: Высш. школа, 1983.— 327 с. [3]. Максимив В. М. Имитационное моделирование процесса обслуживания инструментов многопильного ленточнопильного оборудования // Роль молодых ученых и специалистов в повышении эффективности использования древесины и ее отходов в народном хозяйстве: Материалы Всесоюз. науч.-техн. конф.— М.— 1986.— С. 75—76. [4]. Феоктистов А. Е. Ленточнопильные станки.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 152 с.

Поступила 23 июня 1986 г.

УДК 674.093.26-419.3

### КОНТРОЛЬ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СКЛЕИВАНИЯ ШПОНА НА ОСНОВЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ОТВЕРЖДЕНИЯ КЛЕЯ

А. Г. ГОРОХОВСКИЙ, Ю. Б. ЛЕВИНСКИЙ

Уральский лесотехнический институт

Один из путей достижения высокого качества склеивания шпона при минимальных затратах времени — управление процессом формирования клеевого соединения на основе непрерывного контроля степени отверждения клея. В ряде работ [1, 3, 4] описано устройство, которое позволяет осуществить такой контроль. Работа его основана на методе физического моделирования протекающего процесса. Моделью служит металлическая пластина с нанесенным на ее поверхность клеевым слоем и нагреваемая по тому же закону, что и клеевой слой в склеиваемом пакете. Характеристика процесса отверждения клея — изменение твердости клеевого слоя, находящегося на металлической пластине. Установлено, что твердость клеевой пленки весьма тесно коррелирует со степенью отверждения [3].

При исследовании различного рода физических моделей, как правило, пользуются теорией подобия. Однако, учитывая, что степень от-

верждения — безразмерная величина, установление критериев подобия реального объекта и модели невозможно, так как  $\pi$ -теорема справедлива лишь в случае моделирования систем, выходной параметр которых является величиной, имеющей размерность [3, 5]. Из этого следует, что применение математического аппарата теории подобия в данном случае не представляется возможным.

Как отмечается в работе [3], нарастание степени отверждения клея при постоянной температуре с достаточной точностью можно описать выражением:

$$P = P_{\kappa} \left( 1 - e^{-\frac{1}{T} \tau} \right), \quad (1)$$

где  $P$  — текущее значение степени отверждения;

$P_{\kappa}$  — конечное значение степени отверждения;

$T$  — постоянная времени;

$\tau$  — время.

Однако выражение (1) является решением дифференциального уравнения

$$T \frac{dP}{d\tau} + P = P_{\kappa}. \quad (2)$$

Так как при склеивании пакета шпона температура наиболее удаленного от плит пресса клеевого слоя не остается постоянной, то в математическом описании процесса отверждения клеевого слоя величина  $T$  должна быть определена как функция температуры.

При условии, что уравнение кривой отверждения [2] соответствует практически полному завершению процесса ( $P = 0,95P_{\kappa}$ ), постоянная времени

$$T = 0,33 T_0 e^{-\alpha(\theta - \theta_0)}, \quad (3)$$

где  $T$  — продолжительность отверждения клея при температуре  $\theta$ ;

$T_0$  — то же при  $\theta_0$ ;

$\theta$  и  $\theta_0$  — соответствующие значения температур;

$\alpha$  — постоянный коэффициент.

В этом случае уравнение (2) приобретает вид

$$0,33 T_0 e^{-\alpha(\theta - \theta_0)} \frac{dP}{d\tau} + P = P_{\kappa}. \quad (4)$$

Обозначив  $\theta - \theta_0 = \theta(\tau)$  (где  $\tau$  — время) и принимая начальные условия  $\tau = 0, P = 0$ , получим следующее решение дифференциального уравнения (4):

$$P = P_{\kappa} \left( 1 - e^{-\frac{1}{0,33T_0} \int_0^{\tau} e^{\alpha\theta(\tau)} d\tau} \right). \quad (5)$$

Выражение (5) описывает процесс нарастания во времени степени отверждения клея в наиболее удаленном от плит пресса клеевом слое пакета. Процесс отверждения клея на модели (нагревательная пластина) можно описать выражением, подобным уравнению (5), но с внесением следующих коррективов.

Во-первых, температуры нагревательной пластины и клеевого слоя в пакете в любой момент времени отличаются на величину  $\Delta\theta$  зоны нечувствительности следящей системы регулирования температуры.

Во-вторых, условия отверждения клея в пакете и на нагревательной пластине прибора заметно различны. Эти различия приведут к изменению для модели величины  $T_0$ . Тогда процесс отверждения клея на модели можно описать следующим выражением:

$$P = P_K \left( 1 - e^{-\frac{1}{0,33T_0} \int_0^{\tau} e^{\alpha[\theta(\tau) + \Delta\theta]} d\tau} \right)$$

или

$$P = P_K \left( 1 - e^{-\frac{1}{0,33T'_0 e^{\alpha\Delta\theta}} \int_0^{\tau} e^{\alpha\theta(\tau)} d\tau} \right).$$

Поскольку для конкретной партии клея величина  $e^{\alpha\Delta\theta}$  постоянная, то ее можно ввести в состав  $T_0$ . Обозначим  $T'_0 e^{\alpha\Delta\theta} = T_{OM}$ , следовательно,

$$P = P_K \left( 1 - e^{-\frac{1}{0,33T_{OM}} \int_0^{\tau} e^{\alpha\theta(\tau)} d\tau} \right). \quad (6)$$

Выражения (5) и (6) описывают процесс отверждения клея соответственно для реального процесса и модели.

Введем обозначения

$$A(\tau) = \frac{1}{0,33T_0} \int_0^{\tau} e^{\alpha\theta(\tau)} d\tau;$$

$$K_T = \frac{T_{OM}}{T_0}.$$

Величину  $K_T$  назовем коэффициентом условий отверждения. Тогда выражения (5) и (6) соответственно приобретают вид

$$P = P_K (1 - e^{A(\tau)}); \quad (7)$$

$$P = P_K \left( 1 - e^{-\frac{A(\tau)}{K_T}} \right). \quad (8)$$

Согласно данным работы [3], процесс отверждения считается законченным, когда

$$\frac{1}{T_0} \int_0^{\tau} e^{\alpha\theta(\tau)} d\tau = 1.$$

Следовательно, величина  $A(\tau)$  может принимать значения:

$$0 \leq A(\tau) \leq 3.$$

Учитывая это и проварьировав в определенных пределах коэффициент условий отверждения  $K_T$ , мы получили зависимости, связывающие величины степени отверждения клея в реальном пакете и на модели (рис. 1).

Экспериментальные исследования [3] показали, что из ряда факторов, определяющих условия отверждения, наиболее существенно на степень соответствия модели оригиналу влияют температура плит прессы и толщина склеиваемых пакетов. По результатам эксперимента построены зависимости  $K_T$  от указанных выше факторов (рис. 2, 3).

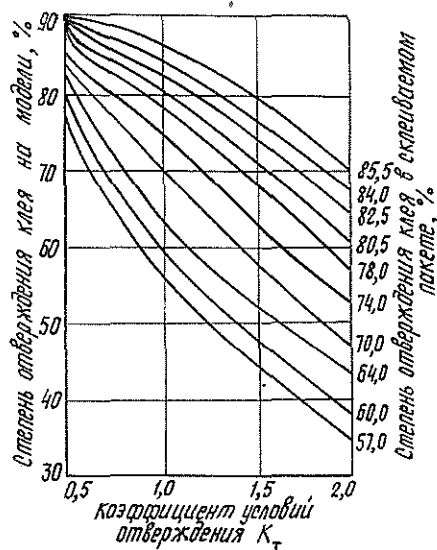


Рис. 1. Зависимость степени отверждения клея на модели от степени отверждения в пакете и коэффициента условий отверждения  $K_T$

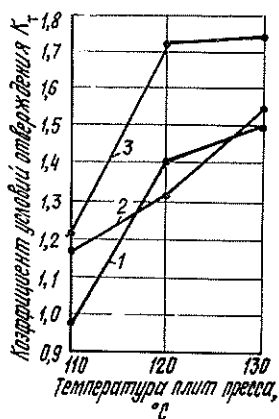


Рис. 2. Зависимость коэффициента условий отверждения  $K_T$  от температуры плит пресса: 1 — степень отверждения клея в пакете 60 %; 2 — 70 %; 3 — 80 %

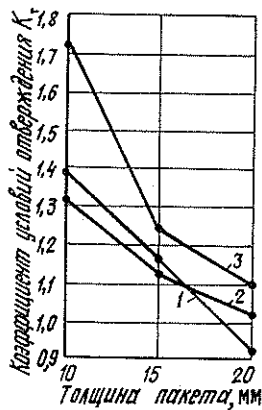


Рис. 3. Зависимость коэффициента условий отверждения  $K_T$  от толщины склеиваемых пакетов: 1 — степень отверждения в пакете 60 %; 2 — 70 %; 3 — 80 %

Анализ этих зависимостей показал, что с увеличением степени отверждения клея в пакете величина  $K_T$  при прочих равных условиях возрастает, что свидетельствует о накоплении во времени погрешностей моделирования. Приближение величины  $K_T$  к единице (для высокой степени соответствия модели реальному процессу) достигается лишь при сравнительно невысокой интенсивности нагрева склеиваемых пакетов, т. е. при значительной толщине последних (более 10—12 мм) и невысокой температуре плит пресса (110—115 °C). Этот факт, по-видимому, объясняется тем, что при снижении интенсивности нагревания склеиваемого пакета точность отслеживания температуры моделью повышается. В то же время увеличение интенсивности нагрева пакета приводит к большим отклонениям температуры на модели по сравнению с реальным объектом в силу инерции нагревателя и системы регулирования температуры. Последнее обстоятельство не накладывает особых условий на возможности применения метода, поскольку процесс склеивания тонких пакетов в очень высокой степени интенсифицирован и осуществление сколько-нибудь заметного снижения продолжительности склеивания не представляется возможным.

Проведенные исследования позволили провести идентификацию процессов отверждения при физическом моделировании склеивания шпона, а также определить условия, при которых целесообразно использовать указанную модель для контроля продолжительности склеивания.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 161841 (СССР). Прибор для определения времени склеивания деталей/ В. А. Куликов, В. М. Израильянец, А. А. Спиридонова.— Оpubл. в Б. И., 1964, № 8.  
 [2]. Балмасов Е. Я. Автоматика и автоматизация процессов производства древесных пластиков и плит.— М.: Лесн. пром-сть, 1977. [3]. Гороховский А. Г. Технологические основы автоматического управления работой клеильного пресса: Дис. . . канд. техн. наук.— Л., 1982. [4]. Куликов В. А. Производство фанеры.— М.: Лесн. пром-сть, 1976. [5]. Лебедев А. Н. Основы теории моделирования.— Пенза: Изд-во ППИ, 1977.