

Сравнивая величины  $t_{кэ}$  и  $t_k = v_0/h_0$ , можно оценить, во сколько раз сократится время смыкания пресса при перемещении подвижной плиты по закону (11) при одинаковых  $v_{х доп}$  и  $v_{с доп}$ :

$$\gamma = \frac{t_k}{t_{кэ}} = \frac{e}{\ln(1+e)} = 2,074.$$

Величина  $v_{с доп}$  ограничена динамическими нагрузками на пресс и на прессуемый материал, и при ее увеличении может быть получен еще больший выигрыш во времени смыкания.

Для условий предыдущего примера время смыкания пресса

$$t_{кэ} = \frac{t_k}{\gamma} = \frac{11,83}{2,074} = 5,7 \text{ с},$$

т. е. получим выигрыш во времени более 6 с, что при цикле прессования 300 с составит более 2 % повышения производительности пресса, которая определяет производительность всей линии.

Диаграммы смыкания пресса представлены на рис. 3.

Трудность реализации экспоненциального закона регулирования заключается в необходимости быстрого разгона подвижной плиты до величины, в несколько раз превышающей скорость ее перемещения при равномерном законе движения. Желательно, чтобы при этом время разгона  $t_p$  для обоих случаев было минимально. Технически данную задачу можно решить, используя вспомогательные гидроцилиндры или аккумуляторы с низким давлением в гидросистеме пресса\*.

Таким образом, экспоненциальный закон перемещения прессующих плит позволяет повысить производительность линий по производству древесных плит более чем на 2 %. При оптимизации смыкания по предложенному критерию просвет между плитами не оказывает влияния на производительность пресса. Наибольшие преимущества данного способа смыкания сказываются при прессовании широкоформатных плит с мелкоструктурной поверхностью.

Поступила 13 марта 1989 г.

УДК 539.4 (045)

## ДАВЛЕНИЕ НАБУХАНИЯ ВО ВТУЛКАХ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

Ю. Ф. ЧЕРНЫШЕВ, Л. П. ШАТОХИНА

Красноярский политехнический институт

В формировании механических и физических свойств древесины важное значение имеет ее влажность. Давление набухания находят как внешнее давление, которое необходимо приложить к увлажняемому материалу, чтобы ограничить его разбухание. С достаточной степенью точности за давление набухания можно принять контактное давление в системе ортотропная втулка — металлическая обойма при изменении влажности втулки.

Рассмотрим осесимметричную задачу в полярных координатах по определению контактного давления в граничной поверхности анизотропной втулки. Модуль упругости ее — переменная величина, зависящая от влажности древесины.

\* Мелони Т. Современное производство древесностружечных и древесноволокнистых плит / Пер. с англ. — М.: Лесн. пром-сть, 1982. — 416 с.

Втулка изготовлена из прессованной древесины лиственницы сибирской стандартных типов ДП-КП, ДП-ГТ и ДП-ГП так, что плоскости упругости совпадают с плоскостями симметрии. В расчетах материал втулки примем ортотропным.

Втулка с обоймой представляет собой статически неопределимую систему, в которой при изменении влажности возникают напряжения и соответствующие им деформации. Втулка и обойма работают совместно, перемещения по радиусу точек, лежащих на их контактной поверхности, одинаковы. Перемещение внешнего волокна втулки состоит из перемещения за счет упругой деформации от воздействия со стороны металлической обоймы и от разбухания материала втулки при изменении влажности. Для определенности считаем влажность материала втулки увеличивающейся.

Перемещение внутренней поверхности обоймы — результат деформации растяжения ее от воздействия втулки. В работе [2] из уравнения совместности деформации граничной поверхности вкладыша и обоймы получена формула контактного давления между ними

$$P_k = \frac{\left[ k \frac{1-c^{k+1}}{1-c^{2k}} + k \frac{1-c^{1-k}}{c^{-2k}-1} - 1 \right] \frac{\beta_\theta - \beta_r}{1-k^2} \int_0^W E_W \delta W}{k \left[ \frac{r_3^{2k} + r_2^{2k}}{r_3^{2k} - r_2^{2k}} - \nu_{r\theta} \right] + \frac{E_\theta}{E_M} \left[ \frac{r_1^2 + r_3^2}{r_1^2 - r_3^2} + \nu_M \right]}. \quad (1)$$

Здесь  $r_1$  и  $r_2$  — внешний радиус обоймы и внутренний радиус втулки;

$r_3$  — радиус контактной поверхности втулки и обоймы;

$k = \nu E_\theta / E_r$  — коэффициент анизотропии;

$E_\theta, E_r$  — модули упругости материала втулки соответственно в тангенциальном и радиальном направлениях;

$c = r_2 / r_3$  — относительный геометрический размер втулки;

$\beta_\theta, \beta_r$  — коэффициенты разбухания материала вкладыша в тангенциальном и радиальном направлениях;

$W$  — изменение влажности материала втулки.

Для удобства вычисления преобразуем формулу (1): введем в ее знаменатель относительный геометрический размер втулки  $c$  и обоймы  $c_0 = r_3 / r_1$  и сократим общий множитель  $k$  в числителе и знаменателе. Тогда получим

$$P_k = \frac{\left[ \frac{1-c^{k+1}}{1-c^{2k}} + \frac{1-c^{k-1}}{c^{-2k}-1} - \frac{1}{k} \right] \frac{\beta_\theta - \beta_r}{1-k^2} \int_0^W E_W \delta W}{\left[ \frac{1+c^{2k}}{1-c^{2k}} - \nu_{r\theta} \right] + \frac{E_W}{E_M k} \left[ \frac{1+c_0^2}{1-c_0^2} + \nu_M \right]}. \quad (2)$$

Зависимость модуля упругости древесины  $E_W$  от влажности  $W$ , %, принимаем в виде

$$E_W = E_0 - \alpha W [1],$$

где  $E_0$  — модуль упругости древесины влажностью 8...10 %;

$\alpha$  — поправочное число на влажность, равное при растяжении и сжатии вдоль и поперек волокон соответственно 200 и 25 МПа.

Эта формула справедлива при увеличении влажности от комнатно-сухой до предела гигроскопичности 30 %.

Отношение модулей упругости  $E_\theta / E_r$ , коэффициенты поперечной деформации  $\nu$  и коэффициенты разбухания  $\beta_\theta$  и  $\beta_r$  полагаем не зависящими от влажности.

При расчете контактного давления для втулок контурного прессования марки ДП-КП (первый тип) модули упругости  $E_{\theta} = E_t = 1610$  МПа,  $E_r = 910$  МПа [3], коэффициент анизотропии  $k = \sqrt{E_{\theta}/E_r} = \sqrt{1610/910} = 1,33$ , коэффициент поперечной деформации  $\nu_{r\theta} = \nu_{rt} = 0,319$ , коэффициенты разбухания в кольцевом и радиальном направлениях  $\beta_{\theta} = 0,0039$ ,  $\beta_r = 0,0020$ .

В случае расчета контактного давления для втулок торцового гнущего марки ДП-ГТ (второй тип) модули упругости  $E_{\theta} = E_t = 1610$  МПа,  $E_r = E_a = 33400$  МПа, коэффициент анизотропии  $k = \sqrt{E_{\theta}/E_r} = \sqrt{1610/33400} = 0,227$ , коэффициент поперечной деформации  $\nu_{r\theta} = \nu_{at} = 0,136$ , коэффициенты разбухания в тангенциальном и радиальном направлениях  $\beta_{\theta} = 0,0035$ ,  $\beta_r = 0$ .

При расчете контактного давления для втулок продольного гнущего марки ДП-ГП (третий тип) модули упругости  $E_{\theta} = E_a = 33400$  МПа,  $E_r = E_t = 910$  МПа, коэффициент поперечной деформации  $\nu_{r\theta} = \nu_{ra} = 0,512$ , коэффициент разбухания в тангенциальном и радиальном направлениях  $\beta_{\theta} = 0$ ;  $\beta_r = 0,002$ ,  $k = \sqrt{E_{\theta}/E_r} = 6,06$ .

Во всех трех случаях расчета упругие характеристики, геометрический относительный размер металлической обоймы остаются постоянными и равными  $E_m = 2 \cdot 10^5$  МПа,  $\nu_m = 0,3$  и  $c_0 = 0,85$ .

Результаты расчета контактного давления (давления набухания) между ортотропной втулкой трех типов и металлической обоймой приведены в таблице.

Влажность, %	Контактное давление, МПа								
	ДП-КП (I тип)			ДП-ГТ (II тип)			ДП-ГП (III тип)		
	при относительном геометрическом размере $c$								
	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8
1	0,666	0,476	0,229	3,03	2,04	1,23	2,26	2,09	1,69
2	1,32	0,946	0,593	6,02	4,04	2,44	4,51	4,18	3,37
3	1,97	1,41	0,883	8,96	6,02	3,63	6,75	6,26	5,05
4	2,61	1,86	1,17	11,9	7,96	4,80	8,99	8,33	6,72
5	3,23	2,31	1,45	14,7	9,88	5,95	11,2	10,4	8,39
6	3,85	2,75	1,73	17,5	11,8	7,08	13,4	12,5	10,0
7	4,46	3,18	2,00	20,3	13,6	8,20	15,7	14,5	11,7
8	5,05	3,61	2,26	23,0	15,4	9,29	17,9	16,6	13,4
9	5,64	4,03	2,53	25,7	17,2	10,4	20,1	18,6	15,0
10	6,22	4,44	2,78	28,3	19,0	11,4	22,3	20,6	16,6
11	6,79	4,84	3,04	30,9	20,7	12,5	24,5	22,7	18,3
12	7,34	5,24	3,28	33,4	22,4	13,5	26,7	24,7	19,9
13	7,89	5,63	3,53	35,9	24,1	14,5	28,8	26,7	21,5
14	8,43	6,01	3,77	38,3	25,7	15,5	31,0	28,7	23,1
15	8,96	6,39	4,00	40,7	27,3	16,4	33,2	30,7	24,7
16	9,47	6,76	4,23	43,1	28,9	17,4	35,3	32,7	26,3
17	9,98	7,12	4,46	45,4	30,4	18,3	37,5	34,7	27,9
18	10,5	7,47	4,68	47,6	31,9	19,2	39,6	36,7	29,5
19	11,0	7,82	4,90	49,9	33,4	20,1	41,8	38,7	31,1
20	11,4	8,16	5,11	52,0	34,9	21,0	43,9	40,7	32,7

Из данных таблицы видно, что по мере увеличения влажности материала ортотропной втулки контактное давление для втулок первого, второго и третьего типов возрастает и при влажности 20 % становится равным соответственно 11,4; 52,0 и 43,9 МПа для  $c = 0,6$ .

В опытах на уплотненной древесине ( $\gamma = 1,44$  г/см<sup>3</sup>) в обойме давление набухания составило около 90 МПа [4].

По мере увеличения относительного геометрического размера  $c$  от 0,6 до 0,8 для втулок первого и второго типов контактное давление

уменьшается в 2 с лишним раза, а для втулки третьего типа снижается на 20 %.

Полученные величины контактного давления можно использовать для расчета прочности втулок, изготовленных из прессованной древесины лиственницы сибирской, при выборе необходимого натяга и для определения оптимального масляного зазора между валом и ортотропной втулкой.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 384 с. [2]. Чернышев Ю. Ф. Влажностные напряжения в анизотропном вкладыше подшипника с учетом зависимости модуля упругости материала от влажности // Машиностроение.— 1972.— № 10.— С. 37—40.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Чернышев Ю. Ф. Определение упругих постоянных прессованной древесины лиственницы при сжатии.— М., 1984.— 7 с.— Деп. в ВНИПИЭИлес-пром, № 1348. [4]. Чудинов Б. С. Вода в древесине.— Новосибирск: Наука, Ново-Сиб. отд-ние, 1984.— 270 с.

Поступила 22 сентября 1988 г.

УДК 621.316.34

### КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ СИНХРОННЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Н. М. ГОРБАТОВ, Г. П. ЗНАМЕНСКИЙ, Е. П. ПАРШИКОВА

Ленинградская лесотехническая академия

Синхронные электрические машины широко применяют в электроприводах рабочих механизмов и машин деревообрабатывающей промышленности. Наличие синхронных электродвигательных устройств (ЭДУ) в приводах деревообрабатывающей отрасли открывает дополнительную возможность использования их не только для получения активной механической энергии вращения, но и для одновременной компенсации реактивной мощности и стабилизации напряжения на зажимах потребителей электроэнергии. Это позволяет уменьшить установленную мощность конденсаторных устройств, капитальные затраты на электрооборудование, потери электроэнергии в распределительных сетях и увеличить производительность технологического оборудования.

Переменная активная нагрузка со стороны исполнительных органов технологического деревообрабатывающего оборудования, которая воспринимается синхронными ЭДУ приводов, усложняет процесс получения наибольшей реактивной электроэнергии емкостного характера и создает необходимость автоматизации комбинированного использования синхронных электродвигательных устройств. Блоки автоматизации управляющих устройств синхронного электропривода должны воздействовать на ток возбуждения синхронного ЭДУ таким образом, чтобы ток статора мог достигнуть номинальной величины при любой активной механической нагрузке привода.

С этой целью на кафедре электротехники и электрооборудования Ленинградской лесотехнической академии разработан специальный простейший блок из типовых серийных элементов измерительной техники и автоматики.

Принципиальная электрическая схема предлагаемого блока автоматизированного управления возбуждением (БАВ) синхронного ЭДУ приведена на рис. 1.