

УДК 630*383

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНО-ПРЕССУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

© 2017 М.В. Кохреидзе, В.В. Лозовецкий, А.А. Шадрин

Московский государственный университет им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал)

Статья поступила в редакцию 02.03.2017

Представлены результаты экспериментально-аналитических исследований процесса прессования древесностружечных плит в ленточном транспортно-прессующем устройстве непрерывного действия. Предложена методика расчёта основных параметров ленточных прессов, что позволяет проектировать транспортно-прессующие устройства, обеспечивающие высокое качество продукции при небольших затратах и успешно внедрять перспективную технологию непрерывного прессования в лесоперерабатывающую отрасль промышленности.

Ключевые слова: транспортно-прессующее устройство, реологические коэффициенты, натяжение ленты

В настоящее время в производстве древесностружечных плит широкое применение получают линии с прессами непрерывного действия, в которых используется в качестве основного конструктивного элемента непрерывная лента из высокопрочной, жаростойкой нержавеющей стали. Такие установки имеют ряд преимуществ по сравнению с установками периодического способа производства: непрерывность движения главного конвейера, снижение материалоемкости производства древесностружечных плит, возможность совмещения операций прессования и облицовывания и пр. Исследование технологического процесса прессования и разработка метода расчёта основных конструктивных элементов прессов непрерывного действия, является актуальной задачей, решение которой позволяет создать инженерные предпосылки для конструктивных и технологических разработок [1, 19, 20].

В настоящей работе представлена методика расчёта основных размерных параметров ленточного пресса типа «Контроль», к которым относятся толщина, длина и ширина стальной ленты, диаметры приводных барабанов и диаметр роликов, а также необходимая мощность для привода такого типа транспортно-прессующих устройств. Основными исходными данными для расчета параметров являются производительность пресса Q м³/год при заданной расчетной толщине древесностружечной плиты δ_k , мм, плотности плит $\rho_{пл}$ и с учётом формулы [1] плотности ковра после подпрессовки ρ_n

$$\delta_0 = \delta_k \frac{\rho_{пл}}{\rho_n},$$

где δ_0, δ_k - соответственно, начальная и текущая толщина древесностружечного ковра; $\rho_{пл}$ - плотность плиты; ρ_n - насыпная плотность ковра.

Кохреидзе Мурман Васильевич, кандидат технических наук, доцент. E-mail: kohreidze@mail.ru

Лозовецкий Вячеслав Владимирович, доктор технических наук, профессор. E-mail: lozovetski@mail.ru

Шадрин Анатолий Александрович, доктор технических наук, профессор. E-mail: shadrin@mgu.ac.ru

Скорость движения ковра определится выражением

$$V = \frac{Q}{60mnb\delta_{пл}} \quad (1)$$

где m - число суток работы пресса в год; n - число часов работы в сутки; b - ширина получаемой плиты (м); $\delta_{пл}$ - толщина получаемой плиты (м), равная

$$\delta_{пл} = \delta_0 \frac{\rho_n}{\rho_{пл}}.$$

С учётом формулы (1) рабочая длина прессующего устройства L определится следующим выражением

$$L = \tau_n V, \quad (2)$$

где τ_n - время прессования является функцией конечной толщины плиты $\delta_{пл}$ и $\tau(T, \rho_{пл})$ - удельного времени прессования, зависящего от температуры прессования T и конечной плотности древесностружечной плиты $\rho_{пл}$

$$\tau_n = \delta_{пл} \tau(T, \rho_{пл}) \quad (3)$$

Удельное время прессования определяется на основании наших расчетов или из справочной литературы. В частности, при температуре прессования $T=200^\circ\text{C}$ и конечной плотности древесностружечной плиты $\rho_{пл} = 650$ кг/м³ удельное время прессования составляет $\tau = 0,15$ мин/мм [5, 6, 18].

Минимальный диаметр приводных и прессующих барабанов транспортно-прессующего устройства определяется из условия прочности ковра [1]

$$D_{\min} = 2 \frac{\delta_{пл} \sqrt{1 + K_{\text{ТР}}^2 \left(\frac{\rho_{пл}}{\rho_n} - 1 \right)}}{\sqrt{1 - K_{\text{ТР}}^2 - 1}}, \quad (4)$$

где $K_{\text{ТР}}=0,2-0,3$ - коэффициент трения древесностружечного ковра о прессующую ленту [2].

В зависимости от конструктивных соображений величину диаметра можно рекомендовать

увеличить, что позволит снизить напряжения в стальной ленте. Величину давления прессования (отпора стружечного брикета) $\sigma(t)$ на участке сжатия рекомендуется определять по формуле [1]

$$\sigma(t) = \frac{R}{\delta_0(\omega^2 t_p^2 - 1)} \left[E(\omega t \sin \omega t + \cos \omega t) + E_2 \omega n (\sin \omega t + \omega n \cos \omega t) \right] - \frac{ER \cos \alpha}{\delta_0} + \frac{R}{\delta_0} \left(E + \frac{E_2 \omega n + E}{1 - \omega^2 t_p^2} \right) e^{-\frac{t}{n}},$$

где $R = \frac{\delta_0 - \delta_{пл}}{1 - \cos \alpha}$ – радиус барабана; $\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + K_{тр}^2}}$ – угол между линией, соединяющей точку начала сжатия ковra с центром вальца и вертикалью (рис. 1); ω – угловая частота вращения барабана, t – время сжатия древесно-стружечного ковra; $t_p = \frac{\eta}{E_1 + E_2}$ – время релаксации; η – коэффициент вязкости; $E = \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2}$ – длительный модуль упругости. Значения реологических коэффициентов E , E_2 , t_p можно получить по результатам обработки экспериментальных данных [7-14].

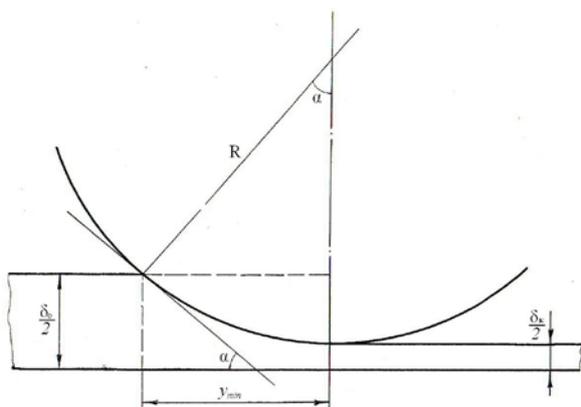


Рис. 1. Схема процесса сжатия древесностружечного ковra

С целью определения величины усилий в стальной ленте в характерных точках контура производим тяговый расчет ленточного пресса, что необходимо для проверки прочности ленты, определения оптимальной толщины ленты и диаметра роликов, расчета мощности привода. Этот расчет можно выполнить в соответствии с методикой расчета ленточного конвейера. Упрощенная схема изменения давления прессования в зависимости от времени прессования, а также усилий в ленте показана на рис. 2. Расчет начинают с точки сбегания ленты с приводного барабана (точка А). Далее в направлении движения ленты точка В соответствует окончанию прямолинейного горизонтального участка холостой ветви. Точка С ограничивает закругленный участок обхвата барабана лентой, точка С' – начало запрессовки древесностружечного ковra, точка D – конец запрессовки и начало закругленного участка обхвата приводного барабана лентой. Усилие в каждой последующей точке ленты S_i равно усилию в предыдущей точке S_{i-1} плюс сопротивление движению на рассматриваемом участке $W_{i...(i-1)}$

$$S_i = S_{i-1} + W_{i...(i-1)} \quad (5)$$

В табл. 1 приведены расчетные формулы для определения натяжения ленты в точках контура и сопротивления на участках.

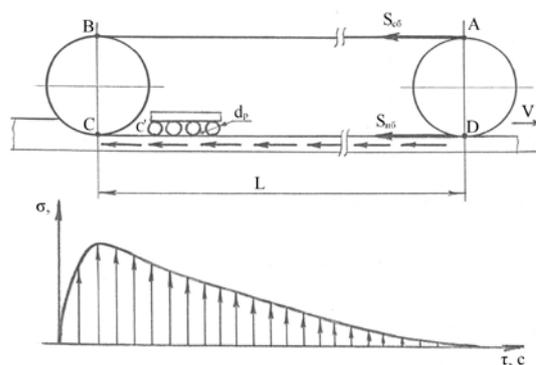


Рис. 2. Расчетная схема для проведения тягового расчета

Таблица 1. Натяжение ленты в точках контура и сопротивление на участках

№ точек и участков на расчетной схеме	Расчетная формула
точка А	$S_A = S_{сб}$
участок А-В	$W_{A-B} = 0$
точка В	$S_B = S_A + W_{A-B}$
участок В-С	$W_{B-C} = K'_{B-C} S_B = 0,05 S_A + \frac{\sigma D b \sin^2 \alpha_0}{8}$
точка С	$S_C = S_B + W_{B-C} = 1,05 S_A + \frac{1}{8} \sigma_{max} D b \sin^2 \alpha_0$
участок С-Д	$W_{C-D} = \frac{\sigma L b k_{np}}{2}$
точка D	$S_D = S_C + W_{C-D} = 1,05 S_A + \frac{1}{8} \sigma_{max} D b \sin^2 \alpha_0 + \frac{1}{2} \sigma L b k_{np}$

где K'_{B-C} - коэффициент сопротивления криволинейного участка: при $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ $K'_{B-C} = 0,05$; $k_{пр}$ - приведенный к окружности ролика коэффициент сопротивления движению ленты, равный

$$k_{пр} = \frac{2\mu}{d_p}, \quad (6)$$

где μ - коэффициент трения качения ленты по ролику $\mu=0,05$ мм, d_p - диаметр ролика, L - расстояние между барабанами; $S_{нб}$ - набегающее усилие; $S_{сб}$ - сбегующее усилие, равное

$$S_{сб} = \frac{K_3 M}{e^{f\alpha} - F}, \quad (7)$$

где $K_3=1,1$ - коэффициент запаса сцепления ленты с барабаном; $f=0,15$ - коэффициент трения ленты по поверхности барабана; $\alpha=3,14$ - угол обхвата лентой барабана; $F=1,05$; $M = \frac{1}{8} \sigma_{max} D b \sin^2 \alpha_0 + \frac{1}{2} \sigma L b k_{пр}$.

По формуле Эйлера [15]

$$S_{нб} = S_{сб} e^{f\alpha} = \frac{K_c M e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - F}, \quad (8)$$

Усилие натяжения, соответственно, равно

$$G = S_{сб} + S_{нб}. \quad (9)$$

Наиболее напряженной будет точка D , в которой наибольшие напряжения от растягивающих усилий в ленте сложатся с напряжениями изгиба на барабане [16, 17]. Из условия минимума напряжений в этой точке определим толщину стальной ленты.

$$\sigma = \frac{S_{нб}}{bh} + \frac{hE_1}{D}, \quad (10)$$

где h - толщина ленты.

Для этого возьмём первую производную по h от выражения (10) и приравняем полученный результат нулю

$$\sigma' = -\frac{S_{нб}}{bh^2} + \frac{E_1}{D} = 0, \quad (11)$$

откуда толщина ленты равна

$$h = \sqrt{\frac{S_{нб} D}{bE_1}} \quad (12)$$

где E_1 - модуль упругости стальной ленты.

Из условия равенства напряжений в точках C и D получим

$$\frac{S_c}{bh} + \frac{q d_p^2}{2h^2} = \frac{S_{нб}}{bh} + \frac{hE_1}{D}, \quad (13)$$

где q - распределение напряжений в области прижимных роликов (рис. 2).

Напряжения в точке C складываются из напряжений от растяжения ленты в этой точке и напряжений от изгиба ленты, от давления прессования и усилий на ролики. Из уравнения (13) диаметр роликов d_p равен

$$d_p = \sqrt{\left(\frac{S_{нб}}{bh} - \frac{S_c}{bh} + \frac{hE_1}{D} \right) \frac{2h^2}{q}} \quad (14)$$

При проведении данного расчета диаметр роликов d_p , а, следовательно, и величина сопротивления могут задаваться исходя из конструктивных соображений. В случае, если расчетное значение диаметра роликов из условия прочности будет значительно отличаться от принятого их значения из конструктивных соображений, расчет тяговых усилий следует повторить, задавшись новым значением указанной величины.

Характер изменения максимальных растягивающих напряжений в ленте за полный цикл можно оценить по следующим формулам:

$$\sigma_A = \frac{S_{сб}}{bh}; \quad (15)$$

$$\sigma_B = \frac{S_{сб}}{bh} + \frac{E_1 h}{D}; \quad (16)$$

$$\sigma_C = \frac{S_c}{bh} + \frac{q d_p^2}{2h^2}; \quad (17)$$

$$\sigma_D = \frac{S_{нб}}{bh} + \frac{E_1 h}{D}, \quad (18)$$

Результаты расчёта представлены на графике (рис. 3).

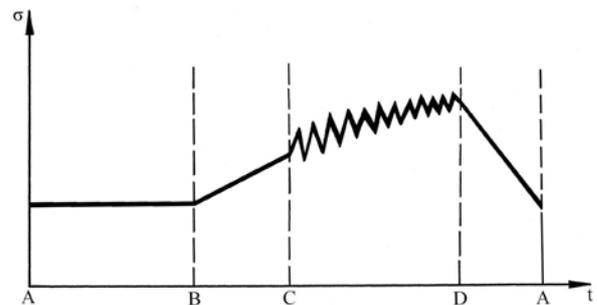


Рис. 3. График изменения напряжений в ленте за один ее оборот

Выводы: представленную в данной работе методику расчета основных конструктивных параметров устройства для непрерывного производства древесностружечных плит можно применять при разработке новых прессов аналогичной конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кохреидзе, М.В. Сопротивление древесностружечного ковра сдвигу при непрерывном прессовании // Научные труды МЛТИ. 1992. Вып. 249. С. 95-99.

2. Лозовецкий, В.В. Закономерности распределения структурных и физико-механических характеристик засыпок измельченной древесины бункерах при гравитационном движении / В.В. Лозовецкий, А.А. Шадрин, В.В. Лебедев, С.А. Катков // Лесотехнический журнал. 2016. № 3. С. 100-108.
3. Кохреидзе, М.В. Определение коэффициента трения древесностружечного ковра о прессующую ленту // Научные труды МГУЛ. 1994. Вып. 273. С. 74-76
4. Гордиенко, В.В. Обработка древесностружечных плит давлением / В.В. Гордиенко, Ф.М. Манжос. – М.: Лесная промышленность. 1987. 120 с.
5. Баженов, В.А. Технология и оборудования производства древесных плит и пластиков. Учебник для техникумов / В.А. Баженов, В.И. Карасёв, Е.Д. Мерсов. – М.: Экология, 1992. 416 с.
6. Отлев, И.А. Справочник по производству древесностружечных плит / И.А. Отлев, Н.Б. Штейнберг, Л.С. Отлева и др. – М.: Лесная промышленность, 1990. 384 с.
7. Ткаченко, М.А. Деформативность древесных частиц при прессовании. Диссерт. на соиск... к.т.н. – М., 1993. 226 с.
8. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. Учебник для вузов. – М.: Лесная промышленность, 1986. 368 с.
9. Михин, Н.М. Исследование молекулярной составляющей коэффициента трения прессованной древесины / Н.М. Михин, А.И. Смольяков // Известия вузов. Лесной журнал. 1975. № 6. С. 76-80.
10. Булгаков, В.И. Определение коэффициента бокового распора и коэффициента трения при формировании сыпучих пресс-композиций / В.И. Булгаков, Г.Н. Афанасьев // В сб. научн. Трудов МЛТИ, вып. 203. Совершенствование технологии древесных плит и пластиков. 1988. С. 134-136.
11. Белянкин, Ф.П. Деформативность и сопротивляемость древесины / Ф.П. Белянкин, В.Ф. Яценко // Киев: Изд. Ак. Наук Украинской ССР, 1957. 217 с.
12. Кохреидзе, М.В. Физико-математическая модель процесса прессования древесностружечных плит в процессе непрерывного действия // Научн. Тр. МЛТИ, 1991. Вып. 237. С. 54-57.
13. Поташев, О.Е. Механика древесных плит / О.Е. Поташев, Ю.Г. Лапшин. – М.: Лесная промышленность, 1982. 112 с.
14. Пижурин, А.А. Исследование процессов деревообработки / А.А. Пижурин, М.С. Розенблит. – М.: Лесная промышленность, 1984. 232 с.
15. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров // Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1984. 831 с.
16. Brinkmann, E. Entscheidende technologische Werte von Spannplatten und moplich Keiten zur deren Beschchlussung der Produktion // «Holz als Roh- und Werkstoff». 1982, v. 41. № 10. P. 346-350.
17. Carll, C.G. Tensile and Compressive MOE of Flake Boards / C.G. Carll, C.L. Link // Forest Product Journal. 1988. V.38. P. 8-14.
18. Lyon, D.E. Minimising Press Time for Radio Frequency / D.E. Lyon, P.H. Short, W.E. Lehman // Cured Flakeboord, Forest Products Journal. 1980. V. 30, № 2. P. 33-38.
19. Soine, H. Kontinuuirliche Preßverfahren in der Spannplattenindustrie. Bison Hydro-Dyn-Pressse und Simpelkanp Stabteppich. – Presse «Holz als Roh-und Werkstoff». BRD. 1984. № 3. S. 93-98.
20. Soine, H. Herfahrensbedingte Ersparnisse und Platteneigenschaften. Bison Hydro-Dyn-Pressse und Simpelkanp Stabteppich. – Presse «Holz als Roh-und Werkstoff». BRD. 1984. № 2. S. 1-5.

METHOD OF CALCULATION THE KEY PARAMETERS OF TRANSPORTATION AND PRESSING DEVICE

© 2017 M.V. Kokhreidze, V.V. Lozovetskiy, A.A. Shadrin

Bauman Moscow State University (Mytishchi Branch)

Results of experimental and analytical researches of pressing process the wood chipboards in the tape transportation and pressing device of continuous action are provided. The method of calculation the key parameters of tape press that allows to design the transportation and pressing devices providing high quality of products in case of small costs and to successfully implement perspective technology of continuous pressing in a wood-processing industry is offered.

Key words: *transportation and pressing device, rheological coefficients, tape tension*

Murman Kokhreidze, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. E-mail: kohreidze@mail.ru
Vyacheslav Lozovetskiy, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: lozovetski@mail.ru
Anatoliy Shadrin, Doctor of Technical Sciences, Professor. E-mail: shadrin@mgul.ac.ru