

упругими свойствами их материала — аналога клеточных стенок древесины. Следовательно в формулы (2), (3), (5) и (6) вместо  $E_1, E_2, \mu_{12}, \mu_{22}$  и  $\mu_{21}$  войдут упругие характеристики материала клеточных стенок модифицированной древесины  $E_1^*, E_2^*, \mu_{12}^*, \mu_{22}^*$  и  $\mu_{21}^*$ . Значение этих упругих характеристик будет зависеть от степени наполнения древесины полимером

$$s = \frac{V_H}{V_M} = \frac{1}{c} \left( \frac{\rho_0}{\rho} + 0,3 \rho_0 - 1 \right),$$

где  $V_H$  — объем наполнения;  $V_M$  — объем материала клеточной стенки;  $\rho$  — плотность натуральной древесины;  $\rho_0$  — плотность древесинного вещества;  $c$  — объемная концентрация водного раствора полимера.

Упругие характеристики материала клеточных стенок натуральной древесины можно рассчитать по уравнениям (14) и (2) ... (6). Зная упругие характеристики полимера-наполнителя, можно одним из известных методов осреднения определить упругие характеристики материала клеточных стенок модифицированной древесины. Подставив эти характеристики в уравнения (14), находим упругие характеристики модифицированной древесины в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Макаревич С.С., Любецкий Д.И. Определение модуля упругости модифицированной древесины при сжатии // Модификация древесины синтетическими полимерами. — Минск: Выш. шк., 1973. — С. 128–136. 2. Рогачев К.А. Технологическое регулирование свойств древесины. — Рига: Зинатне, 1979. — 222 с.

УДК 658.012:674.05:674.023

М.И. КУЛАК, Н.Н. КОВАЛЕВ

#### АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАСКРОЯ ДВУХКАНТНЫХ БРУСЬЕВ НА ЗАГОТОВКИ ТАРЫ

В целях повышения экономической эффективности тарного производства необходимо разработать методы, обосновывающие применение оборудования, выполненного по разным функциональным схемам, в том числе и перспективным. Одним из методов решения данной задачи является расчет приведенных затрат на выпуск продукции с учетом капиталовложений для строительства производственного помещения.

Построение экономической модели конкретной технологической операции позволяет провести анализ перспективных функциональных схем каждой единицы оборудования с учетом всех затрат на их реализацию. Приведенные затраты выпуска единицы продукции, полученной при использовании данного оборудования на сравниваемой технологической операции, определяем по формуле

$$ПЗ_i = C_i + E_n K_i, \quad (1)$$

где  $C_i$  — себестоимость продукции;  $E_n$  — нормативный коэффициент;  $K_i$  — капиталовложения, а приведенные затраты на рубль продукции — по формуле

$$ПЗ_{\text{цп}} = ПЗ_i / \Sigma C_n, \quad (2)$$

где  $\Sigma C_n$  — суммарная стоимость продуктов обработки:

$$\Sigma C_n = C_{\text{пр}} + C_{\text{м.о}} + C_{\text{к.о}},$$

где  $C_{\text{пр}}$  — цена основной продукции (тарные заготовки);  $C_{\text{м.о}}$  — цена мягких отходов (стружка или опилки), реализуемых как продукция для дальнейшей переработки;  $C_{\text{к.о}}$  — цена кусковых отходов (облоп), реализуемых для дальнейшей переработки или населению.

Рассмотрев структуру слагаемых приведенных затрат, можно выявить влияние различных технологических и конструктивных факторов оборудования и процесса обработки на экономическую эффективность технологической операции.

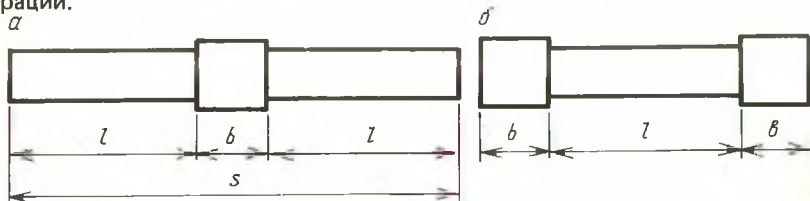


Рис. 1. Функциональные схемы оборудования:

а — проходная; б — позиционная ( $l$  — длина предмета обработки;  $b$  — длина рабочего органа).

На операции раскроя двухкантных брусьев может быть использовано оборудование двух основных функциональных схем: проходной, широко применяемой в настоящее время (рис. 1, а), и позиционной (рис. 1, б) с одним из следующих технологических процессов распиловки: рамным, ленточно-пильным, круглопильным и протяжным. При проходной функциональной схеме оборудования рабочая зона имеет длину, равную сумме длин двух предметов обработки ( $2l$ ) и рабочих органов (инструменты и подающие органы). При позиционной функциональной схеме длина рабочей зоны равна сумме длин предмета обработки и двух длин рабочих органов, поскольку по этой схеме предмет обработки неподвижен, а рабочие органы перемещаются вдоль него, передвигаясь из положения перед предметом обработки в положение позади него.

Применяемые технологические процессы в основном будут влиять на энергетические показатели, стоимость и качество продукции, а функциональные схемы — на капиталовложения и трудоемкость обработки. Рассмотрим особенности функциональных схем оборудования.

При проходной функциональной схеме оборудования для проведения работы требуется производственная площадь

$$S = a s = a (2l + b), \quad (3)$$

где  $a$  — ширина зоны работы оборудования;  $l$  — длина предмета обработки с необходимым для дальнейших операций зазором;  $b$  — длина рабочих органов машины (сумма размеров подающих механизмов и режущих органов);  $s$  — длина рабочей зоны на операцию.

Скорость подачи при постоянном времени цикла обработки

$$u = s / t_{\text{ц}} = (2l + b) / t_{\text{ц}}, \quad (4)$$

где  $t_{\text{ц}}$  — время цикла обработки, с.

Работу выполняют одновременно два человека — на подаче сырья в станок и на приемке тарных заготовок из него (см. рис. 1, а), поэтому трудоемкость (стоимость труда)

$$C_{\text{т}} = 2 \text{ ТК}, \quad (5)$$

где  $T$  — сменная тарифная ставка обслуживающего рабочего;  $K$  — коэффициент начислений на заработную плату.

Все расчеты ведутся в пересчете на одну смену.

Кроме того, проходная функциональная схема оборудования обуславливает также некоторое снижение выхода продукции из-за ненадежности базирования при обработке. При подвижном базировании получается перекося материала, что приводит к уширению пропилов. Объем потерь в опилки в смену определяем по формуле

$$W_0 = (e + m) h_{\text{п}} n f \frac{Ql}{h_{\text{п}} b_{\text{б}} l b} = (e + m) f n \frac{Q}{b b_{\text{б}}}, \quad (6)$$

где  $e$  — ширина пропила;  $m$  — длина инструмента вдоль пропила;  $h_{\text{п}}$  — высота пропила;  $f$  — максимальный перекося бруса на длине инструмента;  $n$  — число пропилов в одном брус;  $Q$  — объем брусев, распиленных в смену;  $b_{\text{б}}$  — средняя ширина бруса.

При позиционной функциональной схеме обработки производственную площадь рассчитываем по формуле

$$S_{\text{поз}} = a (l + 2b), \quad (7)$$

так как длина рабочей зоны  $S_{\text{поз}} = l + 2b$  (см. рис. 1, б).

Для сохранения постоянной производительности время цикла обработки примем постоянным ( $T_{\text{ц}} = \text{const}$ ) и равным времени цикла обработки для проходной функциональной схемы; скорость подачи при равенстве скоростей прямого и обратного хода

$$u_{\text{поз}} = \frac{2(l + b)u}{2l + b}. \quad (8)$$

При позиционной обработке машину обслуживает один рабочий, поэтому трудозатраты на операции составят

$$C_{\text{т.п}} = \text{ТК}. \quad (9)$$

При жестком закреплении предмета обработки и перемещении пильных

группировок по направляющим снижаются потери древесины в опилки в результате перебазирования, поэтому объем потерь древесины в опилки составит

$$W_o = en h_n l \frac{Q}{h_n b_6 l} = en \frac{Q}{b_6} . \quad (10)$$

Разница в потерях древесины, в необходимой площади, скоростях подачи и трудозатратах показывает, что можно найти области, в которых выгоднее применять оборудование той или иной функциональной схемы. Для такой оценки рассмотрим составляющие затрат на производство в смену:

$$C_1 = C_a + C_3 + C_c + C_T, \quad (11)$$

где  $C_a$  — амортизационные отчисления;  $C_3$  — стоимость энергии на обработку;  $C_c$  — стоимость сырья;  $C_T$  — трудозатраты (включая отчисления на социальное страхование).

Амортизационные отчисления определены в соответствии с отраслевой методикой расчета экономической эффективности [2] с учетом стоимости строительного объема здания и средней стоимости единицы объема машины: для проходной функциональной схемы

$$C_a = (0,00081 \, \Pi_m \gamma h_o + 0,000232 \, \Pi_c h_{min}) (2l + b); \quad (12)$$

для позиционной функциональной схемы

$$C_{a.поз} = (0,00081 \, \Pi_m \gamma h_o + 0,000232 \, \Pi_c h_{min}) (2b + l), \quad (13)$$

где  $\Pi_m$  — средняя цена 1 кг металла оборудования;  $\gamma$  — средняя плотность массы оборудования в рабочем объеме;  $h_o$  — средняя высота оборудования;  $\Pi_c$  — средняя цена 1 м<sup>3</sup> строительного объема здания;  $h_{min}$  — средняя минимальная высота здания.

Средняя цена 1 кг металла оборудования  $\Pi_m$  определяется как отношение оптовой цены оборудования (рабочей машины и обслуживающих ее механизмов) к его массе, а средняя плотность массы оборудования — как отношение его массы к занимаемому рабочему объему.

Стоимость энергии на обработку рассчитана в соответствии с методикой [2] и в зависимости от потребной мощности при данных скоростях подачи для различных процессов распиловки при принятых условиях по следующим формулам:

для рамной распиловки [3]

$$C_{3.p} = 9,5 (8 - 0,175u) u; \quad (14)$$

для дисковой распиловки [4]

$$C_{3.к} = 20,31 u^{0,78}; \quad (15)$$

для ленточной распиловки [5]

$$C_{3.л} = 2,027u + 11,62; \quad (16)$$

для распиловки протяжками [6]

$$C_{3.п} = 15,8u. \quad (17)$$



Трудозатраты рассчитаны по формулам (5) и (9) для каждого соответствующего случая. Стоимость сырья определена по себестоимости изготовления двухкантного бруса на фрезерно-брусующем станке.

Подставив значения составляющих, полученные по формулам (3) – (17), в выражения (1) и (2), находим соответственно значения приведенных затрат на производство заготовок деревянной тары и на рубль продукции.

По данным расчета (рис. 2, а), при постоянной производительности минимальные приведенные затраты обеспечивает позиционная функциональная схема оборудования при раскросе двухкантного бруса, а для процессов пиления наиболее выгодна распиловка протяжками.

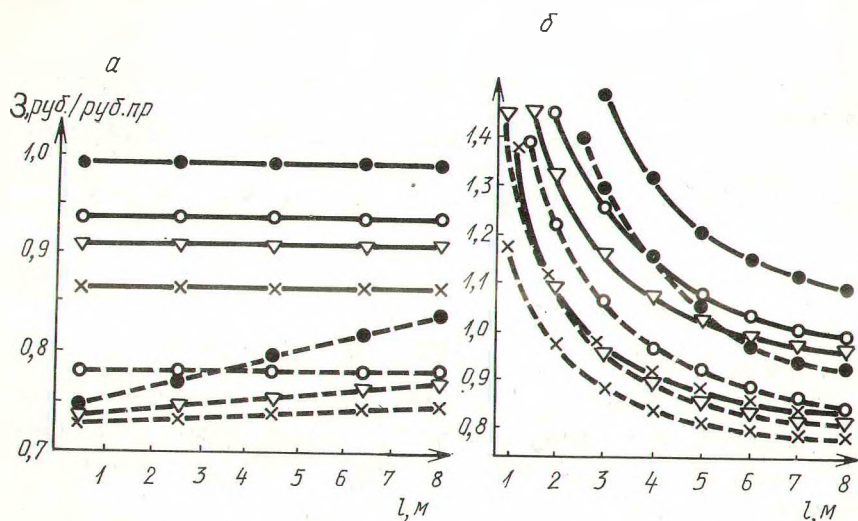


Рис. 2. Приведенные затраты на распиловку бруса при постоянной производительности (а) и постоянной скорости подачи (б):

— — — — — проходная схема; — — — — — позиционная схема; — — — — — рамная распиловка; — — — — — ленточная; — — — — — круглопильная; — — — — — распиловка протяжками.

При оценке эффективности технологической операции при постоянной производительности учитываются не все связи между параметрами процесса (например, при изменении скорости подачи могут произойти изменения качества продукции), поэтому аналогичные расчеты проведены при постоянной скорости подачи (рис. 2, б). Соотношение затрат на операции по первому варианту расчета (при постоянной производительности) соответствует таковым по второму варианту, что указывает на правомочность использования данной модели.

Расчеты проводились на ЭВМ ЕС-1033 при следующих принятых условиях: цена металла оборудования  $\bar{C}_m = 1,15$  р./кг; цена строительного объема  $\bar{C}_c = 14$  р./м<sup>3</sup>; высота оборудования  $h_o = 2$  м; скорость подачи  $u = 0,3$  м/с; время смены  $\tau = 8$  ч; коэффициент начисления на заработную плату  $K = 2,5$ ; цена бруса (сырья)  $\bar{C}_b = 20$  р./м<sup>3</sup>; сменная производительность по

высью  $Q = 40 \text{ м}^3$ ; цена тарных заготовок  $C_3 = 40 \text{ р./м}^3$ ; количество пропилов  $n = 11$ ; длина инструмента  $m = 1 \text{ м}$ ; ширина пропила  $e = 0,003 \text{ м}$ ; отклонение бруса  $f = 0,003 \text{ м}$ ; выход заготовки  $\eta = 0,7$ ; цена стружки  $C_{\text{ст}} = 18 \text{ р./м}^3$ ; цена опилок  $C_{\text{оп}} = 3 \text{ р./м}^3$ ; ширина рабочей зоны  $a = 2,8 \text{ м}$ ; высота помещения  $H_{\text{min}} = 4 \text{ м}$ .

На основании приведенных данных можно утверждать, что применяемое в настоящее время оборудование не соответствует по функциональной схеме требованию наибольшего экономического эффекта. Такое несоответствие приводит к низкой эффективности тарного производства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Золотогоров В.Г., Кузнецова Г.Ф., Пасюк М.Ю. Экономический словарь. — Минск: Наука и техника, 1983. — 316 с.
2. Методика определения экономической эффективности использования в лесной, деревообрабатывающей, фанерной и мебельной промышленности новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. — Архангельск: ЦНИИМОД, 1980. — 94 с.
3. Афанасьев В.С. Конструкции и расчеты деревообрабатывающего оборудования: Справ. — М.: Машиностроение, 1970. — 400 с.
4. Феоктистов А.Е. Ленточнопильные станки. — М.: Лесн. пром-сть, 1976. — 152 с.
5. Санев В.Н. Обработка древесины круглыми пилами. — М.: Лесн. пром-сть, 1980. — 232 с.
6. Ковалев Н.Н., Ковалев Н.Ф., Миклулинский В.И. Дерево-режущие протяжки и их технологические возможности // Научно-технический прогресс в лесной и деревообрабатывающей промышленности. — Киев: УкрНИИМОД, 1983. — 306 с.

УДК 674.817

В.М. САЦУРА, Л.М. БАХАР,  
Е.А. БУЧНЕВА, В.Л. БОРОННИКОВА

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ ИЗ СТРУЖКИ-ОТХОДА

При исследовании влияния технологических факторов на физико-механические свойства теплоизоляционных плит из стружки-отхода и карбамидоформальдегидного связующего в основу эксперимента положено дробное факторное планирование. Опыты проводили в двух параллелях, рандомизированных во времени.

В качестве переменных были приняты четыре фактора (табл. 1), выделенные из семи наиболее существенных путем применения насыщенного плана Плакетта—Бермана. Варьирование проводили на двух уровнях с интервалом, указанным в табл. 1.

Постоянные условия эксперимента: температура плит пресса —  $180^\circ\text{C}$ ; количество карбамидоформальдегидного связующего — 15 % к абсолютно сухой стружке; давление прессования — 2 МПа.

Для оптимизации были приняты следующие показатели физико-механических свойств плит:  $Y_1$  — предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты ( $\sigma_p$ , МПа);  $Y_2$  — теплопроводность ( $\lambda$ , Вт/м·К);  $Y_3$  — пре-