

суммарные прогибы возрастают пропорционально прикладываемому усилию. При дальнейшем увеличении нагрузки у неупрочненной боковины прогибы резко повышаются. У закаленной боковины темп нарастания прогибов значительно меньше и при нагрузке  $F = 500$  кН происходит ее хрупкое разрушение.

В связи с различным характером деформирования упрочненных и неупрочненных боковин встает вопрос о количественной оценке эффективности примененного способа. Если принять предельными нагрузки, при которых у боковин появляются первые признаки остаточных прогибов, то закалка ТВЧ повышает их статическую несущую способность на 25 %. При более высокой допустимой величине остаточного прогиба эффект упрочнения боковин значительнее. Так, при остаточном прогибе нижних поперечин  $f_{ост} = 0,5$  мм, когда их концевые сечения поворачиваются на угол, соответствующий выбору рекомендуемых зазоров между ползунами и направляющими, статическая несущая способность упрочненных боковин повысилась более чем на 50 %.

Производственную проверку упрочненных закалкой ТВЧ боковин нижних поперечин пяти ПР проводили на ряде предприятий, где отказы ПР из-за чрезмерных остаточных прогибов были основной причиной простоев лесорам Р63-4А. В течение трехлетних испытаний таких ПР у боковин не было зарегистрировано ни остаточных прогибов, ни усталостных отказов, не было обнаружено и износа опорных (для захватов пил) поясов поперечин.

Таким образом, поверхностная закалка ТВЧ на определенную длину и высоту только растянутых и сжатых слоев боковин нижних поперечин из стали 45 — существенный резерв повышения надежности ПР одноэтажных лесопильных рам.

Поступила 14 апреля 1986 г.

УДК 674.815

## ОЦЕНКА РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТАДИЙ ПРОЦЕССА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПЛИТ

Т. В. КИШКУРНО

Белорусский технологический институт

Развитие современной промышленности характеризуется возрастающими потребностями в плитных материалах. В связи с этим возникает необходимость в интенсификации производства этих материалов, которая возможна за счет либо вновь проектируемых технологических линий, либо совершенствования режимов функционирования существующих производств и более полного использования возможностей управления. В этих условиях появляется возможность не только судить о качестве готовых плит, но и управлять их качеством в технологическом процессе. Такое управление предлагается осуществлять уже на стадии производства плит, влияя на режимные параметры процесса.

Задача управления процессом производства древесностружечных плит (ДСП), с целью обеспечения наилучшего качества продукции, может быть сформулирована как задача оптимального управления: для данных значений входных и возмущающих воздействий  $X$ , изменяющихся в диапазоне  $X_1 \leq X \leq X_2$ , и ограничений на показатели качества плит  $V_1 \leq V \leq V_2$  требуется выбрать такие управляющие воздействия  $Y$  из области  $Y \in U$ , при которых функция цели  $E = f(X, Y, V)$  принимает экстремальное значение  $E = \text{extr } E(X, Y, V)$ .

Успешное решение данной задачи определяется разработкой математической модели, адекватно отражающей качественные и количественные свойства процесса.

Описание процесса производства ДСП основано на принципе выполнения условия материального и энергетического балансов, а также на принципе равенства параметров промежуточного продукта между последовательными стадиями процесса.

Анализ процесса производства ДСП позволил выделить три основные стадии: сушку стружек, смешивание стружек со связующим и прессование плит, так как они оказывают решающее воздействие на качество всего процесса в целом. Влияние же остальных стадий можно учесть либо при задании начальных условий, либо в виде ограничений на параметры процесса.

Характеристики процессов сушки, смешивания и прессования приведены в работах [2—5]. Для получения математических моделей характеристики отдельных стадий были разбиты на две группы:

1) расходные характеристики, которые связывают расходы сырья и материалов, проходящие через данную стадию процесса, с параметрами, обеспечивающими данный расход;

2) энергетические характеристики, которые связывают мощность, вырабатываемую, потребляемую (или передаваемую) данной стадией, с режимными параметрами процесса, а также описывают условия теплового баланса.

В качестве расходных характеристик для сушильного барабана использовали уравнение его производительности по абс. сухой стружке, для смесителя — уравнения расхода стружки и расхода связующего, для пресса — уравнение производительности.

Энергетические характеристики процессов прессования ДСП и сушки стружки представлены уравнениями теплового баланса, а характеристики процесса осмоления — уравнением баланса мощности, потребляемой смесителем.

Для получения математических моделей стадий процесса приведенные характеристики дополняются зависимостями, характеризующими связь параметров в статических режимах и ограничения на них.

Полученная система уравнений описывает стадии сушки, смешивания и прессования. Математическая модель позволяет провести более детальное исследование параметров стадий процесса и оценить их влияние на качество плитных материалов.

Однако сложность нелинейной алгебраической системы уравнений, включающей графические и табличные зависимости (которые описывают данные стадии), не позволяет использовать ее для решения задачи оптимизации. Возможный вариант установления взаимосвязей параметров процесса — применение метода малых отклонений [6], сущность которого заключается в линеаризации исходной системы алгебраических уравнений и применении ее для расчета режимов основных стадий технологического процесса.

На основе метода малых отклонений можно составить таблицы коэффициентов влияния, которые отражают зависимость ряда параметров от изменения остальных параметров процесса. Коэффициенты влияния могут быть использованы для диагностики отклонений технологического режима производства плит и выбора управляющих параметров процесса.

Задачу составления коэффициентов влияния можно разбить на три этапа: 1) линеаризация системы уравнений, описывающей данную технологическую стадию процесса; 2) нахождение решения линеаризованной системы уравнений через независимые параметры; 3) расчет получившихся коэффициентов влияния.

После линеаризации системы уравнений, описывающих процессы сушки, смешивания и прессования, были получены новые системы линейных алгебраических уравнений, связывающие между собой относительные изменения параметров. Коэффициенты линеаризации этих систем определены по параметрам номинального технологического режима работы.

Для получения таблиц коэффициентов влияния следует, исходя из цели и задач исследования, выразить зависимые параметры процесса через независимые. За независимые принимали такие параметры, которые могут изменяться вследствие влияния различных технологических факторов процесса. К ним относятся на стадии сушки: температура на входе в сушильный барабан  $T_{вх}$ , влажность сырой стружки  $W_n$ , количество стружки, поступающей в сушильный барабан,  $G_c$ , угол наклона сушильного барабана  $\beta$ , скорость вращения сушильного барабана  $n$ ; на стадии смешивания: скорость вращения смесителя  $n_c$ , насыпная масса стружки  $\gamma$ , норма расхода связующего  $P$ , концентрация связующего  $K$ , влажность сухой стружки  $W_{стр}$ ; на стадии прессования: продолжительность цикла прессования ДСП  $\tau_c$ , влажность стружечного брикета  $W_{бр}$ , температура плит пресса  $T_{пл}$ , удельное давление прессования ДСП  $P_{уд}$ , масса стружечного брикета  $M_{бр}$ .

В качестве зависимых параметров принимают на стадии сушки: температуру на выходе из сушильного барабана  $T_{вых}$ , влажность сухой стружки  $W_k$ , количество испаренной влаги  $G_w$ , расход тепловой энергии на сушку  $Q$ ; на стадии смешивания: производительность смесителя  $G_{стр}$ , расход связующего на смешивание  $Q_{св}$ , влажность осмоленной стружки  $W_{осм}$ , потребляемую смесителем мощность  $N_0$ ; на стадии прессования: производительность пресса  $P$ , толщину прессуемой стружечной плиты  $\delta_{пл}$ , плотность прессуемой стружечной плиты  $\rho_{пл}$ , расход тепловой энергии за один цикл прессования  $Q_T$ , мощность, потребляемую электродвигателем, для создания необходимого давления прессования  $N_{дв}$ .

В связи с тем, что некоторые параметры приняты за независимые, часть уравнений полученной линейной системы, в которых эти параметры определены как зависимые, можно отбросить. В результате получается замкнутая система уравнений. В общем виде ее можно записать в форме

$$A\vec{X} = B,$$

где  $A$  — матрица, составленная из коэффициентов при зависимых параметрах;  
 $B$  — матрица правых частей.

Данную систему решали с помощью программы GAUJOR методом Гаусса — Жордана [1].

В табл. 1—3 представлены результаты решения.

Таблица 1

Коэффициенты влияния на стадии сушки ( $G_c = 3\,000$  кг/г,  $W_k = \text{const}$ )

$x \backslash y$	$\delta T_{вх}$	$\delta W_n$	$\delta G_c$	$\delta \beta$	$\delta n$
$\delta T_{вых}$	1,38	-0,568	-1,001	0,074	0,071
$\delta W_k$	-4,22	3,389	5,361	-0,785	-0,748
$\delta G_w$	0,152	-0,122	0,807	0,028	0,027
$\delta Q$	0,52	-0,232	0,289	0,035	0,033

Каждая графа табл. 1—3 соответствует отклонению зависимого параметра технологического процесса  $x$  при изменении на 1 % независимого параметра  $y$  этого же процесса.

При оценке влияния отклонений независимых параметров по данному уравнению должен учитываться знак отклонения.

В табл. 1 приведены коэффициенты влияния сушильного отделения. Из данных табл. 1 видно, что канал по  $W_k$  более чувствителен к изменению параметров  $T_{вх}$ ,  $W_n$ ,  $G_c$ , чем канал по  $T_{вых}$ , поэтому он должен быть более предпочтительным при решении задач управления процессом.  $G_w$  зависит от  $G_c$  и в меньшей степени — от  $T_{вх}$  и  $W_n$ ;  $Q$  опреде-

ляется значениями  $T_{вх}$ ,  $W_{н}$  и  $G_c$ . Независимые параметры  $\beta$  и  $n$  оказывают существенное влияние только на  $W_{к}$ , а на остальные зависимые параметры они влияют незначительно.

Таблица 2

Коэффициенты влияния на стадии смешивания  
( $n_c = 985 \text{ мин}^{-1}$ ,  $W_{осм} = \text{const}$ )

$y \backslash x$	$\delta n_c$	$\delta \gamma$	$\delta P$	$\delta K$	$\delta W_{стр}$
$\delta G_{стр}$	1	1	0	0	0
$\delta Q_{св}$	1	1	1	-1	-0,034
$\delta W_{осм}$	0	0	0,804	0,608	0,089
$\delta N_0$	2,041	1	0	0	0

В табл. 2 приведены коэффициенты влияния процесса смешивания стружки со связующим. Исходя из данных табл. 2, можно сделать вывод о том, что  $W_{осм}$  в большей степени зависит от параметров связующего, а именно от  $P$  и  $K$  и в меньшей — от  $W_{стр}$ . Однако учитывая, что на практике относительное отклонение от номинального значения  $W_{стр}$  велико, то и этот параметр нельзя не учитывать при выявлении причин, вызвавших изменение  $W_{осм}$ . На  $G_c$  и  $Q_{св}$  может повлиять изменение  $n_c$ , а также  $\gamma$ . Кроме этого, на  $Q_{св}$  влияет  $K$ ,  $P$  и в меньшей степени —  $W_{стр}$ ;  $N_0$  возрастает при увеличении  $n_c$  и  $\gamma$ .

Таблица 3

Коэффициенты влияния на стадии прессования ( $\delta_{пл} = 19 \text{ мм}$ ,  $\rho_{пл} = \text{const}$ )

$y \backslash x$	$\delta \tau_{ц}$	$\delta W_{бр}$	$\delta T_{пл}$	$\delta P_{уд}$	$\delta M_{бр}$
$\delta \Pi$	-1,835	-1,498	-0,0103	-2,789	6,086
$\delta (\delta_{пл})$	0,835	-1,498	-0,0103	-2,789	6,086
$\delta \rho_{пл}$	0,529	1,136	0,0065	2,167	-3,856
$\delta Q_T$	0,711	0,457	0,809	1,565	2,736
$\delta N_{дв}$	0	0	0	1	0
$\delta W_{пл}$	-3,517	2,28	-0,043	-7,146	14,136

Из данных табл. 3, в которой приведены коэффициенты влияния для процесса прессования ДСП, следует, что на  $\rho_{пл}$  и  $\delta_{пл}$  независимые параметры оказывают противоположное по знаку воздействие. Коэффициенты влияния независимых параметров на  $\Pi$  полностью совпадают с коэффициентами влияния на  $\delta_{пл}$ . Отличие составляет только влияние  $\tau_{пр}$ . Объясняется это функциональной зависимостью  $\Pi$  от  $\delta_{пл}$  и  $\tau_{пр}$ . На  $Q_T$  влияют все независимые параметры, причем их возрастание вызывает увеличение  $Q_T$ , а  $N_{дв}$  прямо пропорционально только  $P_{уд}$ . На  $W_{пл}$  незначительное влияние оказывает только  $T_{пл}$ , степень влияния остальных независимых параметров довольно велика.

Использование линеаризованных уравнений для оценки коэффициентов влияния иногда приводит к ошибкам, если малые отклонения некоторых независимых параметров существенно изменяют зависимые. В этом случае величины параметров, определенные по линеаризованным зависимостям, следует принять за первое приближение, а затем необходимо корректировать пайдсенные значения по точным уравнениям или графическим характеристикам.

Комплексный анализ полученных результатов позволяет установить характерные режимные параметры стадий и оценить технико-экономические показатели технологического процесса производства ДСП.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Джонсон К. Численные методы в химии.— М.: Мир, 1983.— 504 с.  
[2]. Карасев Е. И. Оборудование предприятий для производства древесных плит.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 360 с. [3]. Киприанов А. И., Калинин Н. Н., Храмов Ю. В. Процессы и аппараты производства древесных плит и пластиков.— М.: Лесн. пром-сть, 1985.— 285 с. [4]. Отлев И. А., Штейнберг Ц. Б. Справочник по древесностружечным плитам.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 240 с. [5]. Стерлин Д. М. Сушка в производстве фанеры и древесностружечных плит.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 383 с. [6]. Черкез А. Я. Инженерные расчеты газотурбинных двигателей методом малых отклонений.— М.: Машиностроение, 1965.— 355 с.

Поступила 6 июля 1987 г.

УДК 674.09-791.8.001.5

### О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДА ПИЛОПРОДУКЦИИ

*Л. С. СУРОВЦЕВА, М. А. ОКУЛОВА*

Архангельский лесотехнический институт

Одна из основных задач лесопильно-деревообрабатывающей промышленности — повышение выхода спецификационной пилопродукции без увеличения объемов перерабатываемого сырья. Решать данную задачу для конкретных условий можно различными путями. Один из них — тесная взаимосвязь параметров распиливаемого сырья и получаемой продукции. По установившейся традиции, сортировку и распиловку пиловочного сырья ведут по одному или двум четным диаметрам вершинного торца бревна. Однако проводимые исследования показывают, что такой принцип сортировки не всегда целесообразен и не дает желаемого результата.

Цель данной работы — установить возможность увеличения выхода спецификационной пилопродукции за счет более тесной взаимосвязи с размерами распиливаемого пиловочного сырья. Исследования проводили применительно к Котласскому деревообрабатывающему комбинату производственного объединения Северолесэкспорт, выпускающему пиломатериалы внутризаводской обработки для различных видов тары, заготовок для мебели, дверных и оконных блоков, а также пилопродукцию внутрисюжного потребления. Спецификация пиломатериалов весьма разнообразна и имеет в своем составе до 40—45 сечений.

Лесопильный цех Котласского ДОКа в своем составе имеет три потока: два на базе лесопильных рам РД 75-6(7) и один на базе ЛАПБ-2. Опыт проводили только для сырья, распиливаемого со 100 %-ной брусковкой на рамных потоках.

Для решения поставленной задачи в качестве исходных положений принимали: исследуемые диаметры 18...40 см; средняя длина бревен  $l = 5,1$  м; кривизна — в пределах допускаемой (ГОСТ 8486—86); порода древесины — ель, сосна; сбежистость и объем бревен рассчитывали по формулам, заложенным в программу; толщина пил — 2,2 мм, ширина пропила — 3,8 мм; сечения выпиливаемых досок соответствовали спецификации пилопродукции; минимальная длина доски  $l_d = 1,0$  м; градация пиломатериалов по длине — 0,25 м.

Для сопоставимости полученных результатов и установления диапазона диаметров пиловочного сырья, при котором можно увеличить объемный выход пилопродукции, исследования проводили в три этапа: 1) определение объемного выхода пиломатериалов для диапазона пиловочного сырья через один четный диаметр; 2) определение объемного выхода пиломатериалов для принятого на Котласском ДОКе диапазона распиливаемых диаметров через два четных диаметра; 3) опре-