

двухрядного пучка I в 1,06 раза, а пучка II — в 1,16 раза превышает теплоотдачу соответствующих однорядных пучков.

Следовательно, двухрядная шахматная компоновка пучка из оребренных труб энергетически выгоднее однорядной компоновки.

Тепловую эффективность двухрядных пучков можно повысить, помещая их в высокотурбулизированный набегающий поток, возникающий непосредственно за вентилятором и распространяющийся на длину нескольких калибров воздушного канала. При длине больше 5...7 калибров вихревые возмущения в потоке затухают, течение стабилизируется. Высокая степень турбулентности набегающего потока интенсифицирует теплоотдачу первого ряда, увеличивая ее до уровня второго ряда. Средняя теплоотдача пучков I—V по теоретическим оценкам возрастает на 12...16%. Однако аэродинамическое сопротивление пучка, обтекаемого потоком высокой турбулентности, не возрастает, а, наоборот, имеет тенденцию к уменьшению в связи со смещением точки отрыва пограничного слоя в кормовую половину трубы и сужением вихревого следа, что приводит к снижению доли сопротивления давления.

На рис. 3 штрихпунктирной линией нанесена тепловая эффективность пучка I для случая протекания теплообмена в высокотурбулизированном потоке, рассчитанная по изложенным исходным предпосылкам. Коэффициент теплоотдачи пучка при $N_0 = idem$ возрастает на 10%, а по сравнению с однорядными пучками тепловая эффективность двухрядных пучков для принятого расположения их по отношению к вентилятору повышается на 40%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Богданов Е. С., Козлов В. А., Пейч Н. Н. Справочник по сушке древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 192 с. [2]. Кунтыш В. Б., Иохвеев Ф. М., Таранян И. Г. Влияние числа поперечных рядов оребренных труб и угла атаки ребра на сопротивление шахматных и коридорных пучков // Энергетика.— 1974.— № 12.— С. 114—117. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Кунтыш В. Б., Аникин А. И., Васьута В. Ф. Тепловая эффективность пучков из труб с насадными отбортованными ребрами промышленных калориферов // Лесн. журн.— 1981.— № 6.— С. 73—78. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Теплообмен и аэродинамическое сопротивление однорядных биметаллических калориферов для лесосушильных камер / В. Б. Кунтыш, В. И. Мелехов, Е. С. Богданов и др. // Деревообраб. пром-сть.— 1985.— № 9.— С. 7—9. [5]. Федотова Л. М., Кунтыш В. Б., Кузнецов Н. М. Теплоотдача и сопротивление пучков, оребренных навитой лентой, труб аппаратов воздушного охлаждения с различным числом рядов // Энергетика.— 1980.— № 5.— С. 112—115. (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Экспериментальное исследование теплоотдачи и сопротивления пучков АВО из биметаллических труб / В. Б. Кунтыш, А. Э. Пиир, А. И. Егоров и др. // Энергетика.— 1977.— № 12.— С. 89—93. (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Юдин В. Ф. Теплообмен поперечнооребранных труб.— Л.: Машиностроение, 1982.— 189 с.

Поступила 6 декабря 1985 г.

УДК 674.093.26-416.05

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РАБОТЫ ЛУЩИЛЬНОГО СТАНКА

Т. А. ДУБИНИНА, А. Н. КЛИМОВ, Ю. Н. СТРИЖЕВ

НПО Научфанпром

Задачу повышения производительности лущильных станков можно решить совершенствованием конструкции лущильного станка и совершенствованием управления лущильным станком.

Если первое направление сопряжено со значительными временными и финансовыми затратами (цикл разработки нового лущильного станка

в среднем составляет 5...10 лет), то второе не требует существенных конструктивных переделок станка и позволяет решать задачи автоматизации на существующем оборудовании.

Для определения оптимальной стратегии автоматизации управления лущильным станком необходимо исследовать ряд параметров его конструктивного и технологического характера, например, длительность выполнения отдельных подопераций, задержки и продолжительность движения различных органов станка.

В процессе изучения необходимо использовать измерительные приборы — датчики, осциллографы и др., — монтаж и настройку которых следует производить на действующем оборудовании.

Так как исследования носят многоплановый характер и требуют большого количества измерительной аппаратуры, то эксперимент связан со значительными затратами. С целью уменьшения издержек было проведено планирование эксперимента.

В данной статье рассмотрен один из вариантов расчета рационального числа измерений в зависимости от основных факторов, влияющих на качество исследований: временные ограничения (число замеров); затраты на эксперимент и его подготовку; точность получаемых оценок параметров. Все три фактора связаны с числом N обработанных чураков на лущильном станке в эксперименте. Необходимо найти такое N , которое бы отвечало наименьшим затратам на эксперимент при заданной точности оценок параметров.

Значение некоторого параметра (отсчет начала операции, ее длительность, окончание) обозначим через \tilde{x} и потребуем, чтобы математическое ожидание \tilde{x} было равно истинному значению

$$E[\tilde{x}] = x,$$

где $E[\tilde{x}]$ — математическое ожидание \tilde{x} ;

\tilde{x} — отсчет, полученный в ходе эксперимента.

Оценки \tilde{x} состоятельные, если они сходятся по вероятности с истинными значениями параметров:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} P[|\tilde{x} - x| \geq \varepsilon] \rightarrow 0, \quad \varepsilon > 0.$$

Число фанерных чураков, обрабатываемых при i -тых условиях, обозначим через r_i . Тогда

$$N = \sum_{i=1}^n r_i.$$

Здесь n — число условий.

Определим план эксперимента как совокупность исследуемых параметров x_1, x_2, \dots, x_e , количество замеров в каждой группе условий r_1, r_2, \dots, r_n и общее число N .

Нормированный план определяется вектором

$$P_1 = \frac{r_1}{N}, P_2 = \frac{r_2}{N}, \dots, P_n = \frac{r_n}{N} \quad (1)$$

таким, что

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1.$$

Функцию затрат $R(N)$ вычислим как сумму функции непосредственных затрат $R_s(N)$ на подготовку и проведение эксперимента и

приведенной к затратам функции потерь $R_{\theta}(N)$ из-за неточности полученных в эксперименте оценок. Тогда

$$R(N) = R_s(N) + R_{\theta}(N). \quad (2)$$

Если выражение (2) представлено в явном виде, то ищем $\min R$ из условия:

$$\frac{dR(N)}{dN} = 0,$$

что дает оптимальное число измерений $N_{\text{опт}}$ для всех групп условий. Функцию непосредственных затрат можно записать в таком виде:

$$R_s(N) = R_n + \alpha N, \quad (3)$$

где R_n — затраты на приобретение измерительной аппаратуры, ее установку, монтаж и настройку;

α — постоянный коэффициент затрат на текущие исследовательские работы, связанные с проведением эксперимента (зарплата исследователей, потеря производительности, обусловленная проведением эксперимента, расход материалов и электроэнергии).

В связи с тем, что получить в явном виде $R_{\theta}(N)$ сложно, сформулируем модель влияния точности измерения параметров на число замеров, т. е. число чураков, при обработке которых осуществляли исследование станка.

Точность эксперимента или ошибку обозначим через θ и свяжем ее с распределением случайных величин x_1, x_2, \dots, x_e . Очевидно, при $N \rightarrow \infty$ $\theta \rightarrow 0$, т. е. функция распределения, полученная из эксперимента, точно аппроксимирует истинную функцию распределения.

Однако при $N \rightarrow \infty$ и $R_s \rightarrow \infty$, поэтому планированием эксперимента найдем допустимое N_* при заданной точности θ .

Определим N_* при следующих гипотезах: нормальное распределение измеряемых параметров; вектор (1) может быть определен до начала эксперимента.

Воспользуемся распределением Стьюдента, которое зависит от объема выборки и при его увеличении закон асимптотически приближается к нормальному закону распределения.

Оценим точность наших измерений разностью дисперсий распределения Стьюдента $D(f_c) = \frac{N}{N_* - 2}$ и нормированного нормального закона $D(f_n) = 1$, тогда:

$$\theta = \frac{N}{N_* - 2} - 1. \quad (4)$$

Отсюда найдем N_* как функцию θ

$$N_* = \frac{2(1 + \theta)}{\theta}. \quad (5)$$

Для определения условий используем такую характеристику как диаметр чурака перед окоркой. Разобьем весь диапазон возможных диаметров чураков на n интервалов и найдем P_1, P_2, \dots, P_n .

Определим число измерений (обработанных фанерных чураков) с учетом того, что на исследование лущильного станка при обработке редко встречающихся диаметров фанерных чураков необходимо затратить больше средств и времени для обеспечения заданной точности из-

мерения параметров. Такое условие будет определять общее число обработанных фанерных чураков N .

Из распределения (1) находим

$$P_{i \min} = \min_i \left(\frac{r_i}{N} \mid i = \overline{1, n} \right) = \frac{r_i^*}{N}. \quad (6)$$

Приравняв $r_i^* = N_*$ (см. выражение (5)), получим расчетную формулу:

$$N \geq \frac{2(1+\theta)}{\theta P_{i \min}}. \quad (7)$$

Так, очередная партия фанерных чураков после промера показала распределение в следующем виде:

$$P = 0,241, \quad D = 140 \dots 180 \text{ мм};$$

$$P = 0,371, \quad D = 180 \dots 220 \text{ мм};$$

$$P = 0,241, \quad D = 220 \dots 260 \text{ мм};$$

$$P = 0,111, \quad D = 260 \dots 300 \text{ мм};$$

$$P = 0,036, \quad D = 300 \dots 340 \text{ мм}.$$

Отсюда, если требуется обеспечить 5 %-ную точность измерения больших диаметров — от 300 до 340, необходимо выполнить 1 166 измерений. Случайные величины — диаметры фанерных чураков — группируют в диапазонах диаметров таким образом, что формируют распределенные партии по r_i , шт., $i = \overline{1, 5}$.

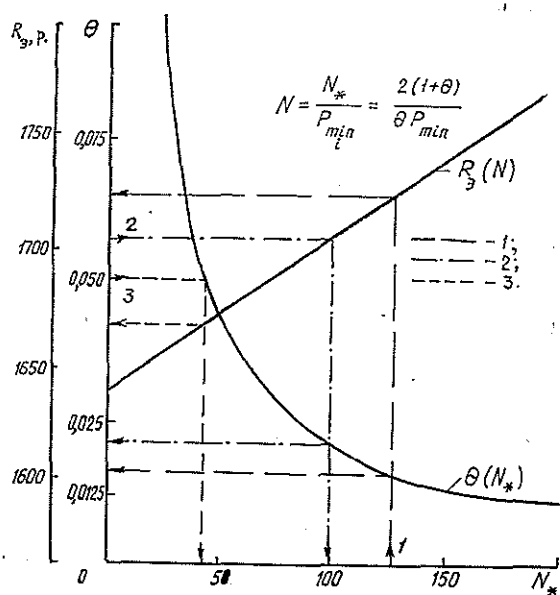
$$r_1 = 0,241 \cdot 1\,166 = 281 \text{ шт.};$$

$$r_2 = 0,371 \cdot 1\,166 = 433 \text{ шт.};$$

$$r_3 = 0,241 \cdot 1\,166 = 281 \text{ шт.};$$

$$r_4 = 0,111 \cdot 1\,166 = 129 \text{ шт.};$$

$$r_5 = 0,036 \cdot 1\,166 = 42 \text{ шт.}$$



Графическое распределение характеристик планирования экспериментов: 1, 2, 3 — позиции

Однако если подготовить исходный материал так, чтобы выполнялось условие $r_i = 42$, $i = 1,5$, то эксперимент можно закончить в шесть раз быстрее, а именно, требуется не 1166, а всего лишь 210 чурakov, что и определит план с минимальными затратами при заданной точности исследований.

На рисунке представлены графики зависимостей (3) и (4). Графики позволяют сопоставить число экспериментов N_* с затратами на их проведение и точность измерения параметров. Например, позиция 1 позволяет по заданному минимальному числу измерений в группе условий определить затраты и точность. Позиция 2 по стоимостным ограничениям определяет требуемое число измерений и точность, которую при этом можно обеспечить. Позиция 3 соответственно задает количество измерений и затраты на эксперимент в зависимости от задаваемой точности.

Рассмотренный подход к планированию эксперимента, примененный при исследовании лущильного станка модели 2HV-66, можно использовать и при изучении другого оборудования в деревообрабатывающей промышленности. Отличием в другом эксперименте может явиться изменение R_n и α в формуле (3), а также совокупность условий (вектор (1)), при которых проводят эксперимент.

Поступила 21 июня 1985 г.

УДК 674.093.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЯ В ЛЕСОПИЛЕНИИ

Б. И. КОШУНЯЕВ

ЦНИИМОД

Интенсивное использование сырья в лесопилении — важнейшая предпосылка повышения эффективности лесоперерабатывающих производств. На этой основе можно получить максимальный народнохозяйственный эффект от использования пиловочника на всех стадиях: от распределения ресурсов древесного сырья до потребления продукции лесопиления. Наиболее целесообразный путь решения этой проблемы заключается в разработке и реализации экономико-математических моделей.

Структура общей модели интенсивного использования сырья в лесопилении имеет следующий вид.

Целевая функция

$$C = F(x_{111}, \dots, x_{IDZ}) \rightarrow \max; \quad (1)$$

ограничения:

по производственным мощностям лесопиления

$$f_1(x_{111}, \dots, x_{IDZ}) \leq m; \quad (2)$$

по объемам древесины, которые могут быть переданы лесопилению другими лесоперерабатывающими производствами

$$f_2(x_{111}, \dots, x_{IDZ}) \geq b; \quad (3)$$

по размерно-качественному составу поставляемых пиломатериалов

$$\underline{a}_s^t \leq f_3(x_{id}) \leq \bar{a}_s^t; \quad (4)$$

на неотрицательность переменных величин