И.В. Ченцов, А.В. Кузнецов

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОМОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ТЕКСТИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В текстильном производстве перерабатывается разнообразное сырье с различными технологическими свойствами. При переработке этого сырья применяется оборудование, производительность которого зависит от многих факторов. Это находит отражение в соответствующих формулах. Так, для определения загрузки и производительности оборудования существующие формулы содержат большое количество параметров. Для рационального управления технологическими процессами нужно знать взаимосвязи между отдельными параметрами. В настоящее время для этих целей применяются различные математические методы, используются ЭВМ, номографические способы и т.п. Использование номограмм ускоряет и упрощает трудоемкие расчеты. Кроме того, номограмма, являясь наглядной геометрической интерпретацией формулы, позволяет непосредственно видеть, как изменяются одни параметры, входящие в формулу, в зависимости от изменения других. В связи с этим появляется возможность выбирать величины одних параметров с тем, чтобы обеспечить желаемые значения для других. Приводимые ниже номограммы построены для исследования и численного определения одного из важнейших показателей работы чесального оборудования – загрузки питания чесального аппарата. Эта величина вычисляется по формулам:

$$\alpha_n = \frac{v_н \; m}{(1-\lambda) v_б \; H N_p} \qquad (1)$$

или

$$\alpha_n = \frac{v_н \; m \; T}{10^3 (1-\lambda) v_б \; H}, \qquad (2)$$

где α_n – **загрузка игольчатой гарнитуры чесального аппарата**; $v_н$ – скорость накатных валиков; m – число делительных ремешков; N_p – метрический номер ровницы; λ – потери на ровничной машине; H – рабочая ширина главного барабана; $v_б$ – окружная скорость барабана: T – текс.

На основе формулы (1) проведен анализ факторов, влияющих на величину загрузки питания, выполнены соответствующие математические расчеты и разработаны номограммы для $m = 160$ и $H = 1{,}6$ м. При этом формула (1) приняла следующий вид:

$$\alpha_n = \frac{100\ v_н}{(1-\lambda)\, v_б\, N_р}. \qquad (3)$$

При построении номограмм для переменных, входящих в формулу (3), приняты следующие пределы изменения: $0{,}4 \leq \alpha_n \leq 1{,}0$; $10 \leq v_н \leq 30$; $1 \leq \lambda \leq 2$; $450 \leq v_б \leq 650$; $4 \leq N_р \leq 15$.

Номограмма с непрозрачным транспарантом в виде линейки. Перепишем формулу (3) в следующем виде:

$$\frac{v_н}{(1-\lambda)\, N_р} = \frac{v_б}{100}\ \alpha_n\ . \qquad (4)$$

После логарифмирования обеих частей равенства (4) получим

$$\left[\lg v_н - \lg(1-\lambda)\right] - \lg N_р = \lg\frac{v_б}{100} - (-\lg \alpha_n). \qquad (5)$$

Прибавим к обеим частям равенства (5) слагаемое $0{,}5\lg(1-\lambda)$. В результате будем иметь

$$\left\{\left[\lg v_н - \lg(1-\lambda)\right] + 0{,}5\lg(1-\lambda)\right\} - \lg N_р = \left[\lg\frac{v_б}{100} + 0{,}5\lg(1-\lambda)\right] - (-\lg \alpha_n). \qquad (6)$$

Припишем к равенству (6) следующее тождество:

$$\lg(1-\lambda) - 0 = \lg(1-\lambda) - 0$$

и рассмотрим получившуюся систему уравнений

$$\left.\begin{aligned} &\left\{\left[\lg v_н - \lg(1-\lambda)\right] + 0{,}5\lg(1-\lambda)\right\} - \lg N_р = \left[\lg\frac{v_б}{100} + 0{,}5\lg(1-\lambda)\right] - (-\lg \alpha_n);\\ &\lg(1-\lambda) - 0 = \lg(\quad \lambda) - 0. \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Вводя в уравнениях системы (7) стандартные обозначения:

$$\left.\begin{array}{l}
\lambda = \alpha_1, \quad v_н = \alpha_2, \quad v_б = \alpha_3, \quad N_p = \alpha_4, \quad \alpha_n = \alpha_5 \\
\lg v_н - \lg(1-\lambda) = f(\alpha_1, \alpha_2); \; 0{,}5 \lg(1-\lambda) = P(\lambda_1); \; \lg N_p = f(\alpha_4); \\
\text{и полагая} \\
\lg \dfrac{v_б}{100} + 0{,}5 \lg(1-\lambda) = f(\alpha_1, \alpha_3); \; -\lg \alpha_n = f(\alpha_5); \; \lg(1-\lambda) = \\
\qquad = T(\alpha_1),
\end{array}\right\} (8)$$

приходим к следующей номографируемой канонической форме [1]:

$$\left.\begin{array}{c}
\left[f(\alpha_1, \alpha_2) + P(\alpha_1)\right] - f(\alpha_4) = \left[f(\alpha_1, \alpha_3) + P(\alpha_1)\right] - f(\alpha_5); \\
T(\alpha_1) - 0 = T(\alpha_1) - 0.
\end{array}\right\} \quad (9)$$

Каноническая форма (9) может быть изображена номограммой, состоящей из неподвижной плоскости и транспаранта в виде линейки. На неподвижной плоскости располагаются бинарные поля

Таблица 1.

Неподвижная плоскость		
Координаты	Поле (α_1, α_2)	Поле (α_1, α_3)
x	$a_o + m_x\left[f(\alpha_1, \alpha_2) + P(\alpha_1)\right]$	$a_o + a + m_x\left[f(\alpha_1, \alpha_3) + P(\alpha_1)\right]$
y	$b_o + m_y T(\alpha_1)$	$b_o + b + m_y T(\alpha_1)$
Транспарант		
Координаты	Шкала α_4	Шкала α_5
x	$a'_o + m_x f(\alpha_4)$	$a'_o + a + m_x f(\alpha_5)$

(α_1, α_2) и (α_1, α_3). Они задаются семействами линий α_1, α_2, α_3. При этом семейство линий α_1 будет общим для обоих полей. На транспаранте-линейке располагаются шкалы переменных α_4 и α_5. Общие параметрические уравнения элементов номограммы приведены в табл. 1.

В табл. 1 содержатся параметры преобразования номограммы a_0, b_0, a, b, a'_0, m_x и m_y, а также произвольные функции $P^0(\alpha_1)$ и $T^0(\alpha_1)$, соответствующим подбором которых можно обеспечить надлежащее взаимное расположение элементов номограммы (семейств линий, шкал).

Исходя из пределов изменения переменных, входящих в номографируемую формулу (3), габаритов номограммы и руководствуясь соображениями удобства пользования номограммой, выберем для параметров преобразования номограммы и произвольных функций следующие значения: $a_0 = -130$, $b_0 = 200$, $a = -20$, $b = 0$, $a'_0 = 0$, $m_x = 200$, $m_y = 20000$. Подставляя в табл. 1 эти значения, а также функции из равенств (8), получаем уравнения элементов номограммы (табл. 2).

Таблица 2.

Неподвижная плоскость		
Координаты	Поле (λ, $v_б$)	Поле (λ, $v_н$)
x	$-130+200\left[\lg\frac{v_б}{100}+0{,}5\lg(1-\lambda)\right]$	$-150+200\left[\lg v_н-0{,}5\lg(1-\lambda)\right]$
y	$200+20\,000\lg(1-\lambda)$	
Транспарант		
Координаты	Шкала α_n	Шкала N_p
x	$-200\lg\alpha_n$	$-20+200\lg N_p$

По уравнениям табл. 2 построена номограмма, приведенная на рис. 1, там же изображен ключ пользования ею. Для практического пользования номограммой транспарант следует вырезать и наклеить на картон.

Способ пользования номограммой рассмотрим на примере. Пусть $N_p = 7$, $\lambda = 1{,}6\%$, $v_н = 20$ м/мин, $v_б = 550$ м/мин; требуется найти соответствующее значение загрузки питания α_n.

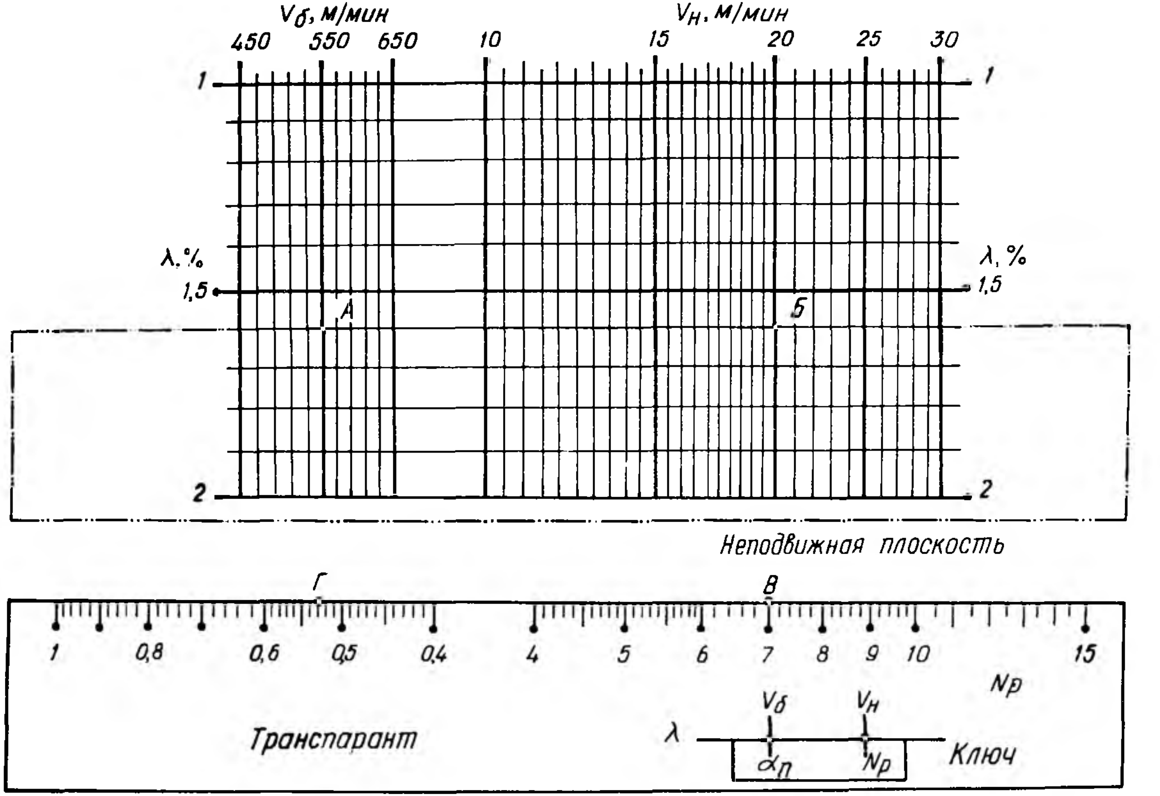
$V_б$, м/мин
450
550
650
$V_н$, м/мин
10
15
20
25
30
1
1
λ,%
λ,%
1,5
1,5
А
Б
2
2
Неподвижная плоскость
Г
В
1
0,8
0,6
0,5
0,4
4
5
6
7
8
9
10
15
Np
Транспарант
λ
$V_б$
$V_н$
$\alpha_п$
Np
Ключ

Рис. 1.

По данным значениям $\lambda = 1{,}6$ и $v_б = 550$ в поле $(\lambda, v_б)$ находим соответствующую точку А. Затем на той же прямой $\lambda = 1{,}6$ в поле $(\lambda, v_н)$ находим точку Б (1,6; 20). Транспарант-линейка накладывается на неподвижную плоскость так, чтобы верхний край совместился с линией $\lambda = 1{,}6$, а точка В транспаранта, соответствующая данному значению $N_p = 7$, совпала с точкой Б. Тогда против точки А прочитаем на транспаранте в точке Г искомое значение $\alpha_n = 0{,}528$. Итак, искомая величина загрузки питания чесального аппарата равна 0,528 г/м^2. (На рис. 1 разрешающее положение транспаранта на неподвижной плоскости условно показано штриховыми линиями).

Заметим попутно, что при разрешающем положении транспаранта (а оно соответствует фиксированным значениям λ, N_p и $v_н$) можно непосредственно видеть, как меняется величина загрузки α_n в зависимости от изменения окружной скорости барабана во всем диапазоне от 450 до 650 м/мин. Формула (1), как и всякая другая формула, конечно не обладает такой наглядностью. Аналогичным образом можно проследить по номограмме взаимосвязь и других параметров, содержащихся в формуле (1). Это качество номограмм дает возможность исследовать зависимости и выбирать желаемые значения для нужных переменных, задавая определенным образом значения других. Для расчетных целей целесообразнее использовать номограммы из выравненных или из равноудаленных точек.

Номограмма из равноудаленных точек. Для приведения формулы (3) к номографируемому виду запишем ее так:

$$\frac{v_н}{v_б} = \frac{(1-\lambda)\, N_p}{100}\, \alpha_n . \qquad (10)$$

После логарифмирования обеих частей равенства (10) получим

$$\lg \frac{v_н}{v_б} = \lg \frac{(1-\lambda)\, N_p}{100} + \lg \alpha_n . \qquad (11)$$

Введем для переменных стандартные обозначения:

$$v_н = \alpha_1; \quad v_б = \alpha_2; \quad \lambda = \alpha_3; \quad N_p = \alpha_4; \quad \alpha_n = \alpha_5 .$$

Тогда в равенстве (11) можно принять:

$$\lg \frac{v_н}{v_б} = f(\alpha_1, \alpha_2); \ \lg \frac{(1-\lambda)N_p}{100} = f(\alpha_3, \alpha_4); \ \lg\ _n = f(\alpha_3, \alpha_5). \qquad (12)$$

и таким образом приходим к канонической форме [2]

$$f(\alpha_1, \alpha_2) = f(\alpha_3, \alpha_4) + f(\alpha_3, \alpha_5). \qquad (13)$$

Зависимость вида (13) может быть представлена номограммой из равноудаленных точек, состоящей из трех бинарных полей, расположенных в одной плоскости. Поле (α_1, α_2) называют полем центров, поля (α_3, α_4) и (α_3, α_5), имеющие общее семейство прямых линий α_3, – полями засечек. Уравнения элементов номограммы приведены в табл. 3.

Таблица 3.

Координаты	Поле центров (α_1, α_2)	Поле засечек (α_3, α_4)	Поле засечек (α_3, α_5)
x	$a_o + m f(\alpha_1 ; \alpha_2)$	$a_o - a + 2m[f(\alpha_3, \alpha_4) + R(\alpha_3)]$	$a_o + a + 2m \times [f(\alpha_3, \alpha_5) + R(\alpha_3)]$
y	$T(\alpha_1, \alpha_2)$	$T(\alpha_3)$	$T(\alpha_3)$

Значения параметров и произвольных функций в табл. 3 выберем по соображениям, о которых говорилось выше. Пусть $a_o = 0$, $a = -20$, $m = 100$, $R(\alpha_3) = 0$, $T(\alpha_1, \alpha_2) = -320 + 100 \lg (v_н \; v_б)$, $T(\alpha_3) = 190 + 10000 \lg (1 - \lambda)$.

Учитывая равенства (12), получаем следующую таблицу уравнений (табл. 4).

Таблица 4.

Координаты	Поле центров $(v_н, v_б)$	Поле засечек (λ, N_p)	Поле засечек (λ, α_n)
x	$100 \lg \frac{v_н}{v_б}$	$20 + 200 \lg \frac{(1-\lambda)N_p}{100}$	$-20 + 200 \lg \alpha_n$
y	$-320 + 100 \lg (v_н v_б)$	$190 + 10\,000 \lg (1 - \lambda)$	

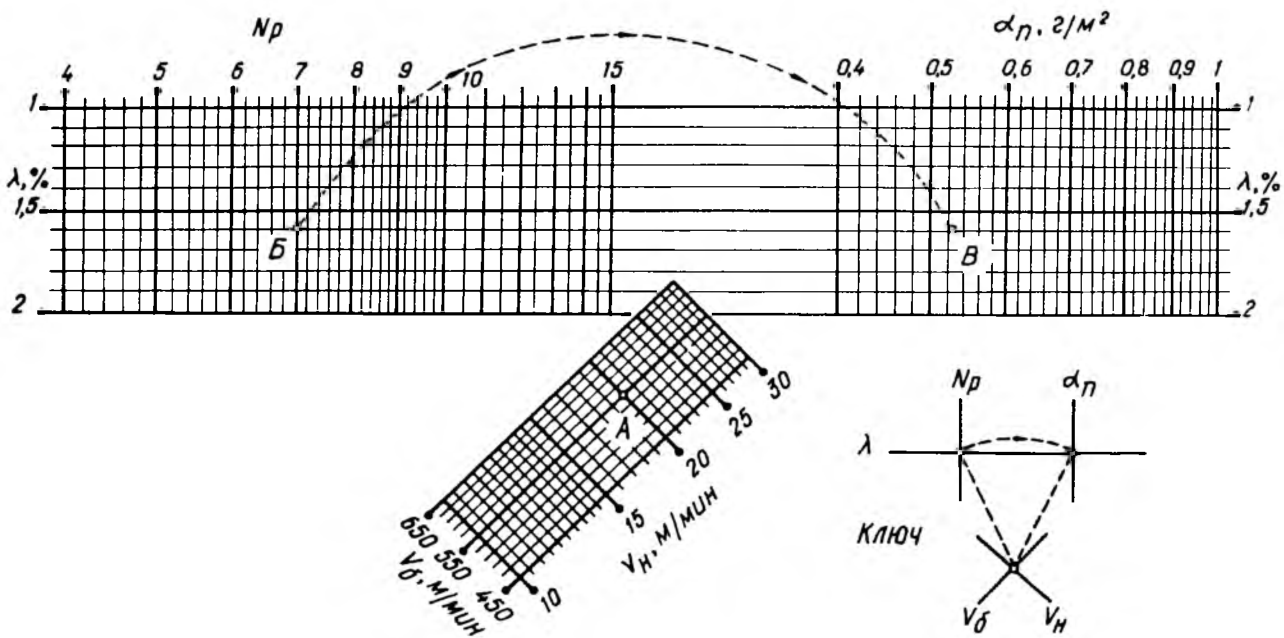
Np
4
5
6
7
8
9
10
15
αп, г/м²
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1
λ,%
1,5
2
Б
В
А
30
25
20
15
10
Vн, м/мин
650
550
450
Vб, м/мин
Ключ
Np
αп
λ
Vб
Vн

Рис. 2.

Номограмма, построенная по уравнениям табл. 4, изображена на рис.2. Там же приведен ключ пользования номограммой.

Порядок работы с номограммой состоит в следующем. Пусть по известным значениям переменных $v_б$, $v_н$, λ и $N_р$ нужно найти соответствующее им значение переменной $\alpha_п$. Ставим одну ножку циркуля (измерителя с двумя иглами) в точку поля центров ($v_б$, $v_н$), отвечающую заданным значениям $v_б$ и $v_н$; другую – в точку поля засечек (λ , $N_р$), для которой значения величин λ и $N_р$ также известны. Затем, приняв первую найденную в поле центров ($v_н$, $v_б$) точку за центр окружности, описываем дугу радиусом, равным расстоянию до второй найденной в поле засечек (λ , $N_р$) точки. Указанную дугу продолжаем до пересечения во втором поле засечек (λ , $\alpha_п$) с уже известной прямой λ. Через полученную точку проходит вертикальная прямая, числовая пометка которой и является искомым значением переменной $\alpha_п$.

При исходных данных рассмотренного выше примера центром разрешающей дуги будет точка А (550; 20) поля ($v_б$, $v_н$), первой точкой в поле засечек (λ , $N_р$) явится точка Б (1,6 ; 7), второй точкой во втором поле засечек (λ , $\alpha_п$) будет точка В (1,6; 0,528). Точка В – искомая точка, соответствующее ей в бинарном поле значение $\alpha_п$ =0,528 – искомое значение $\alpha_п$.

Выводы

Разработанный номографический метод позволяет исследовать и быстро определять загрузку питания трехпрочесных чесальных аппаратов с учетом скорости выпуска ровницы, окружной скорости главного барабана третьей чесальной машины, толщины ровницы и потери волокон при их чесании.

Предлагаемый метод предназначен для инженерно-технических работников шерстяной промышленности и будет интересен студентам технических и экономических вузов и учащимся техникумов.

Литература

1. Хованский Г.С. Методы номографирования. М., 1964.
2. Хованский Г.С. Приспособляемые номограммы из равноудаленных точек. – В кн.: Номографический сборник № 4. М., 1967.