

$$D = \bar{y} \pm 3S_y.$$

Эти ординаты указывают на нарушение технологического процесса. Предельные значения  $y$  для этой зоны 106,3 и 94,3. Критическое значение размаха варьирования 12,0. Однако лента с такими отклонениями в цвете еще допустима к переработке, но пониженным сортом.

Выше и ниже зоны, ограниченной ординатами  $D_1$  и  $D_2$ , находится область брака. Все точки, лежащие в этой области, характеризуются резковыраженной недопустимой оттеночностью.

Проверка найденных значений показателей качества окраски в производственных условиях Пинского комбината верхнего трикотажа на 40 партиях жгута подтвердила полученные результаты.

**Резюме.** Установлены допускаемые отклонения нитронового жгута в цвете по размаху варьирования  $R_{kp}$  цветовой координаты  $Y$ .

Разработаны контрольные карты для статистического анализа качества продукции серийного производства.

#### Л и т е р а т у р а

1. Люблинер М.А., Заремба М.А., Шестернина Г.П. Об инструментальной оценке степени равномерности окраски нитронового жгутового волокна. – В сб.: Товароведение и легкая промышленность, вып. 3, Минск, 1976.
2. Соловьев А.Н., Кириюхин С.М. Оценка качества и стандартизация текстильных материалов, М., 1974.
3. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений, М., 1961.

УДК 677.3.002.3/6

А.В. Кузнецов, канд. техн. наук, С.В. Стражев

#### ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОБРАЗОВАНИЯ СМЕСЕЙ В ТЕКСТИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В процессе изготовления тканей на текстильном предприятии составляются смеси различных компонентов, каждый из которых обладает определенными свойствами и соответствующим образом влияет на качество готовой продукции. Одновременно предприятие выпускает несколько наименований тканей и для каждой из них составляется своя смесь. Рассмотрим условный пример состава смеси для производства полуторстяной ткани.

Таблица 1. Состав смеси для производства полуsherстяной ткани

Наименование компонентов	Количество, кг	Цена 1 кг, руб
Шерсть помесная 64 - 60 качества, аппаратная, репейная	320	14 - 59
Шерсть помесная 64 - 60 качества, гребенная, репейная, светлосерая	320	16 - 15
Шерсть помесная 58 - 56 качества, гребенная, короткая, репейная, светлосерая	160	14 - 10
Шерсть помесная, свал 60 качества, светлосерая	160	7 - 78
Шерсть помесная, сбор 60 - 58 качества, светлосерая	160	7 - 52
Очес крупногребенной, чистошерстяной	672	6 - 90
Шгапельное волокно	1120	1 - 44
Лом ровничный, полуsherстяной	128	7 - 00
Крутые -концы, полуsherстяные	32	2 - 36
Очес полуsherстяной	64	1 - 79
Стир полуsherстяной	64	0 - 60

В табл. 1 приведен качественный и стоимостной состав порции такой смеси весом 3200 кг с плановой себестоимостью 21914,88 руб.

Если бы компоненты, входящие в каждую смесь, всегда были на предприятии в достаточном количестве, то никакой задачи по выбору оптимального состава смеси не возникло. Но все дело в том, что в реальных условиях функционирования производства часто (в силу различных причин) происходят задержки с комплектными поставками сырья. Поэтому, чтобы не снимать с производства соответствующую ткань ввиду отсутствия или нехватки того или иного компонента, приходится недостающие компоненты заменять другими, имеющимися в наличии и обладающими сходными свойствами. Применительно к каждой ткани на предприятии разработаны технологические правила, в которых указаны взаимозаменяемые компоненты и допустимые пропорции для таких замен. Именно в таких случаях с учетом конкретной производственной ситуации и возникает задача наиболее рациональной замены одних компонентов другими. При этом основным показателем, характеризующим смесь, будем считать ее себестоимость.

Предположим, что в случае рассматриваемой смеси замены касаются, как правило, первых пяти компонентов. В связи с этим будем далее считать, что компоненты 6 - 11 имеются в достаточном количестве и состав смеси может меняться лишь в зависимости от содержания компонентов 1 - 5. Иначе говоря, будем оптимизировать состав частичной смеси, образуемой из пяти компонентов 1 - 5. Общий вес ее - 1120 кг, а плановая себестоимость - 14540,8 руб.

По технологическим условиям компоненты 1 - 3 могут заменять в смеси друг друга частично или полностью и совсем

не могут заменять компоненты 4 – 5. То же самое относится и к компонентам 4 – 5: в случае необходимости они могут замещать в смеси только друг друга. Таким образом, при взаимозаменяемости компонентов 1 – 3 должно соблюдаться требование: их суммарный вес в смеси составляет 800 кг; суммарный вес компонентов 4 и 5 в смеси должен равняться 320 кг. Ясно, что указанным условиям может удовлетворять множество вариантов замен. При этом каждому варианту смеси будет соответствовать вполне определенное значение себестоимости.

Обозначим объемы вложений компонентов 1 – 5 в смесь соответственно через  $x_1, x_2, x_3, x_4$  и  $x_5$ . Тогда, используя данные табл. 1, можно записать себестоимость смеси, в которую компоненты 1 – 5 входят в количествах  $x_1, x_2, x_3, x_4$  и  $x_5$  кг, следующим образом:

$$14,59x_1 + 16,15x_2 + 14,1x_3 + 7,78x_4 + 7,52x_5 \text{ руб. (1)}$$

Если  $x_1 = 320, x_2 = 320, x_3 = 160, x_4 = 160$  и  $x_5 = 160$ , т.е. в случае смеси планового состава сумма (1) равна 14540,8 руб. плановой себестоимости. При других значениях переменных эта сумма не равна 14540,8 и меняется с изменением  $x_1, \dots, x_5$ .

Условие взаимозаменяемости компонентов 1 – 3, о котором говорилось выше, аналитически можно записать так:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 800 . \quad (2)$$

Аналогично для компонентов 4 и 5 получаем

$$x_4 + x_5 = 320 . \quad (3)$$

Естественным представляется стремление минимизировать себестоимость смеси. Покажем, как решить подобную задачу средствами линейного программирования. Предположим, например, что в данный момент нет возможности включить в смесь более 100 кг 3-го компонента и более 80 кг 5-го (напомним, что по плану требуется включить соответственно 160 и 160 кг.) Таким образом, в дополнение к условиям (2) и (3) необходимо учесть еще и то, что  $x_3 \leq 100$  и  $x_5 \leq 80$ . Могут быть, конечно, и другие дополнительные ограничения.

Для выбора оптимального по критерию себестоимости состава смеси сформулируем следующую задачу линейного программирования:

минимизировать

$$f = 14,59x_1 + 16,15x_2 + 14,1x_3 + 7,78x_4 + 7,52x_5 \quad (4)$$

при ограничениях

$$\begin{aligned}x_1 + x_2 + x_3 &= 800; \\x_4 + x_5 &= 320; \\x_3 &\leq 100; \\x_5 &\leq 80;\end{aligned}$$

} (5)

$$x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, 3, 4, 5). \quad (6)$$

Решая задачу (4) - (6) симплексным методом, находим оптимальный состав смеси:  $x_1^* = 700$ ,  $x_2^* = 0$ ,  $x_3^* = 100$ ,  $x_4^* = 240$ ,  $x_5^* = 80$ . Себестоимость порции этой смеси составляет 14091,2 руб., т.е. ниже плановой на 449,6 руб.

Из приведенного примера видно, что минимизируя себестоимость смеси, мы снижаем ее качество, ибо в смесь прежде всего вводятся (хотя и в допустимых пределах) сравнительно недорогие, а значит, и относительно низкого качества компоненты. Если же заботиться о повышении качества ткани, то в тех же условиях этого можно добиться увеличением доли дорогостоящих компонентов. С математической точки зрения этому будет соответствовать задача максимизации функции (4) при тех же ограничениях (5) - (6). Оптимальным решением задачи максимизации будет следующее:  $x_1^* = 0$ ,  $x_2^* = 800$ ,  $x_3^* = 0$ ,  $x_4^* = 320$ ,  $x_5^* = 0$ . Себестоимость полученной смеси составляет 15409 руб., т.е. на 868,2 руб. выше плановой.

Между двумя найденными составами смесей существует множество других вариантов, характеризующихся иными значениями себестоимостей, и возможно более приемлемыми в реальных условиях производства. Поэтому естественно возникает вопрос: нельзя ли, не решая каждый раз задачу линейного программирования, обозреть все множество допустимых вариантов и выбрать из него наиболее рациональное в данных условиях? Анализ задачи показал, что это сделать можно, если обратиться к помощи номограмм, которые в наглядной форме в состоянии охватить все возможные варианты решения задачи. По номограмме можно просто и быстро сформировать смесь допустимого состава, себестоимость которой возможно меньше отличается от плановой. Такой подход больше соответствует реальным условиям производства и стремлению так планировать расход

наличных ресурсов сырья, чтобы обеспечить выпуск ткани не только в данный момент, но и в течение определенного времени. При этом может оказаться целесообразным в отдельных случаях отклониться от плановой себестоимости на величину большую, чем позволяют фактические резервы сегодняшнего дня, но обеспечить непрерывность выпуска продукции в последующие дни и тем самым предупредить возможно большие потери для предприятия в пределах более длительного периода времени.

Учитывая сказанное, введем в рассмотрение новую переменную  $x_6$ , выражющую отклонение себестоимости смеси фактического состава от себестоимости смеси планового состава. Она будет равна

$$x_6 = 14540,8 - (14,59x_1 + 16,15x_2 + 14,1x_3 + 7,78x_4 + 7,52x_5) \quad (7)$$

Предположим, что при исследовании ткани рассматриваемого состава (табл. 1) переменная  $x_6$  может меняться в пределах от -850 до +850, т.е. себестоимость смеси в зависимости от производственных условий может отклоняться от плановой в ту или другую сторону не более, чем на 850 руб. При этом отрицательные значения  $x_6$  свидетельствуют о том, что себестоимость фактически составленной смеси выше плановой, а положительные значения отвечают смесям с себестоимостью ниже плановой.

Проще всего изображаются номографические условия (2) и (3): решения уравнения (2) находятся на номограмме, известной под названием треугольника Джиббса (рис. 1, а); решения уравнения (3) – по номограмме, называемой сдвоенной шкалой (рис. 1, б). Номограмма рис. 1, а представляет собой равносторонний треугольник, при этом длина стороны может быть выбрана произвольно. В нашем случае на каждой стороне нанесены равномерные шкалы переменных  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3$  с пометками от 0 до 800. Через точки шкал проведены прямые, параллельные соответствующим сторонам треугольника. Всякая смесь из трех первых компонентов будет изображаться точкой, лежащей внутри треугольника и наоборот. Так точке А, например, отвечает смесь:  $x_1 = 450$ ,  $x_2 = 200$ ,  $x_3 = 150$ .

Еще проще строится номограмма рис. 1, б. Это отрезок прямой произвольной длины. В нашем случае отрезку соответствует 320 единиц. Числовые пометки проставлены с двух сторон так, что их сумма равна 320. Любой точке этой номограммы

отвечает смесь компонентов 4 и 5. Так, точке В соответствует смесь:  $x_4 = 280$ ,  $x_5 = 40$ .

Равенство (7) будем номографировать с учетом условий (2) и (3). Используя их, исключим переменные  $x_3$  и  $x_5$  из равенства (7).

Получим

$$0,26x_4 + 0,49x_1 + 2,05x_2 + x_6 - 854,4 = 0. \quad (8)$$

Вводя в равенство (8) стандартные для номографии обозначения  $0,26x_4 = f_1(\alpha_1)$ ;  $0,49x_1 = f_2(\alpha_2)$ ;  $2,05x_2 = f_3(\alpha_3)$ ;  $x_6 - 854,4 = f_4(\alpha_4)$ ;

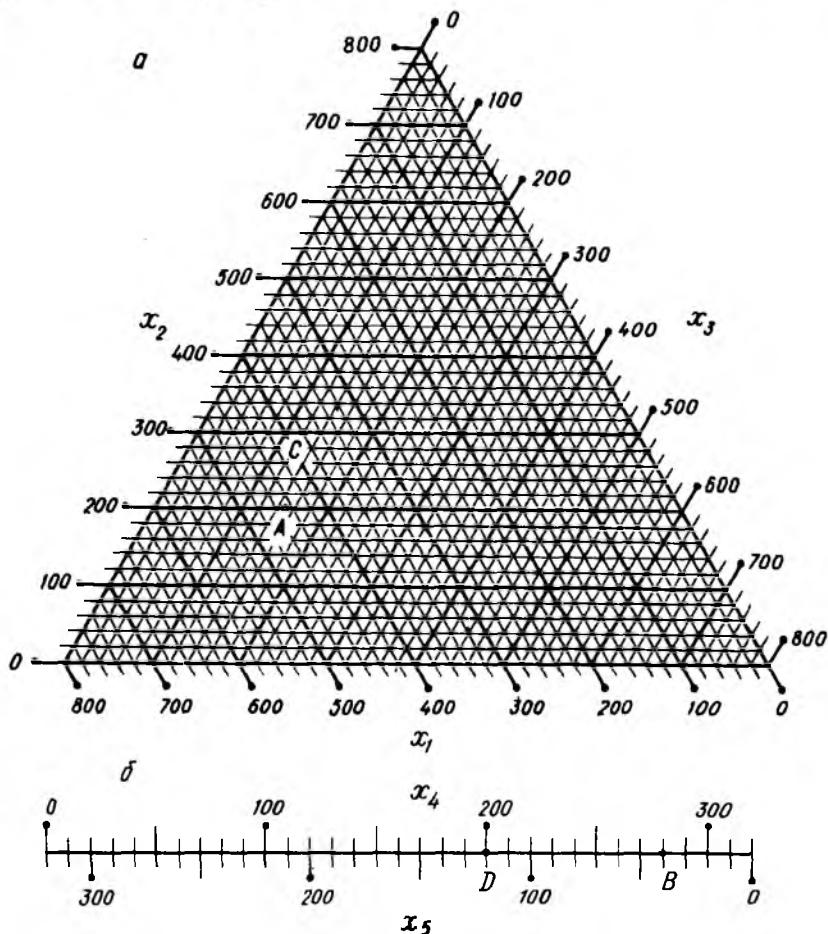


Рис.1. Номограммы для определения объемов вложения компонентов в смесь.

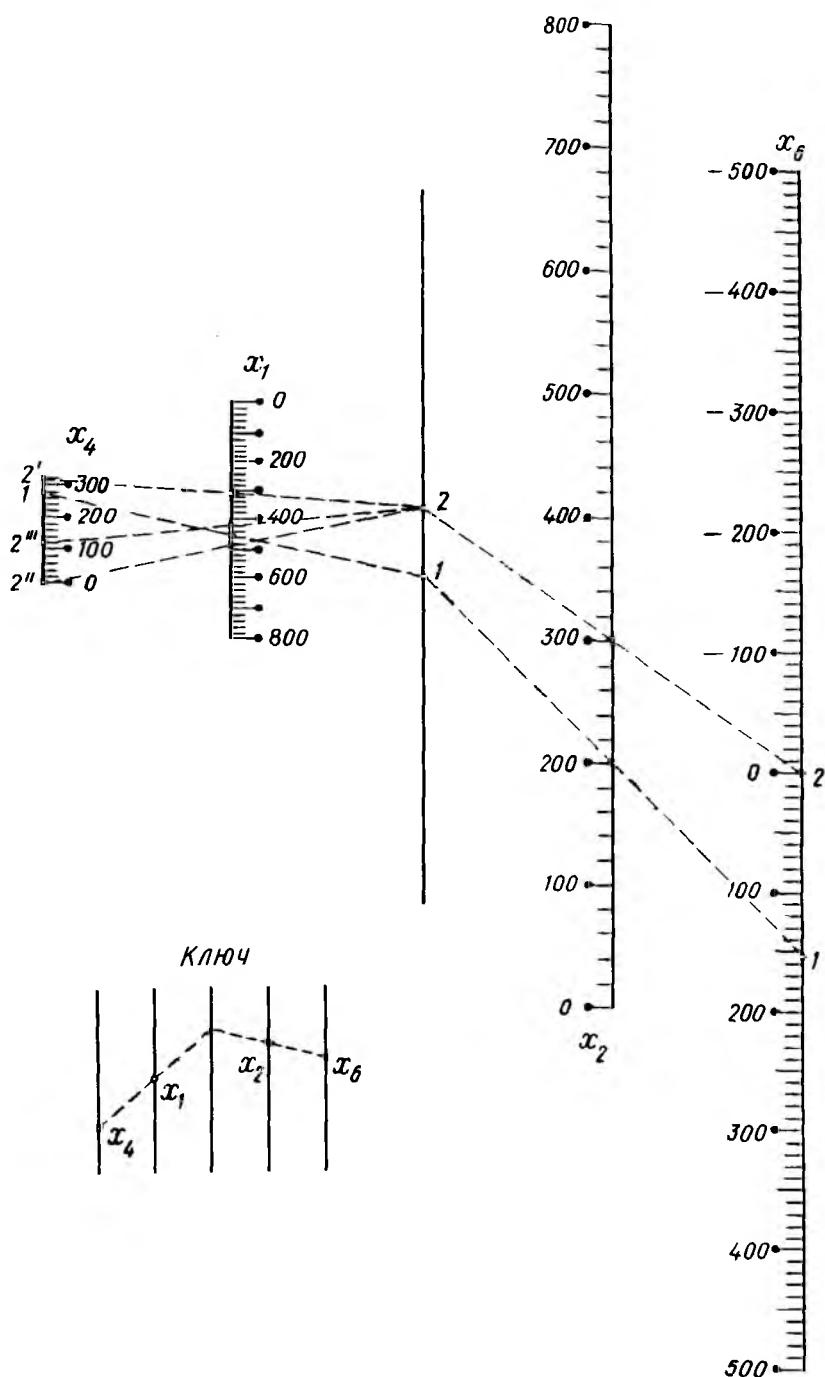


Рис.2. Номограмма для определения величины отклонения себестоимости смеси от плановой себестоимости.

приходим к канонической форме  $f_1(\alpha_1) + f_2(\alpha_2) + f_3(\alpha_3) + f_4(\alpha_4) = 0$ , которую можно представить номограммой из четырех параллельных градуированных и одной немой шкал [1]. Выбирая параметры номограммы, получим следующие уравнения для построения ее элементов:

штака  $x_4 : y_1 = 0,0065x_4$ ; штака  $x_2 : y_3 = 0,25625x_2$ ;

штака  $x_1 : y_2 = 0,06125x_1$ ; штака  $x_6 : y_4 = 0,25x_6 + 125$ .

Готовая номограмма изображена на рис. 2, там же приведен и ключ пользования ею. Ответ по номограмме находится двумя наложениями линейки. Разрешающие позиции линейки на рис. 2 условно изображены штриховыми линиями. По номограмме можно находить как отклонения по известному составу смеси, так и подбирать состав, а значит, прогнозировать качество ткани по заранее назначенному отклонению.

Обратимся к примерам. Пусть требуется определить величину отклонения себестоимости смеси следующего состава:  $x_1 = -450$ ,  $x_2 = 200$ ,  $x_3 = 150$ ,  $x_4 = 280$ ,  $x_5 = 40$ .

Прикладываем линейку к точкам шкал  $x_4$  и  $x_1$  с пометками 280 и 450 и замечаем на немой шкале точку пересечения с краем линейки. Затем к этой точке и точке шкалы  $x_2$  с пометкой 200 вторично прикладываем линейку и в пересечении края линейки со шкалой  $x_6$  читаем ответ 156 (см. разрешающую ломаную 1-1-1). Итак, себестоимость смеси интересующего нас состава ниже плановой на 156 руб.

Рассмотрим решение обратной задачи. Можно ли составить смесь плановой себестоимости (отклонение равно нулю) при условии включения только 300 кг второго компонента вместо 320 по плану. Прикладываем линейку к точкам шкалы  $x_6$  с пометкой 0 и шкалы  $x_2$  с пометкой 300; на немой шкале замечаем точку 2 (см. разрешающую прямую 2 - 2). А теперь видно (см. лучи 2-2' и 2-2''), что для первого компонента можно выбрать любое значение ( $x_1$ ) из интервала от 320 до 480 кг и на разрешающем луче прочитать отвечающее ему значение 4-го компонента. Если, к примеру, в смесь включить 420 кг 1-го компонента, то объем вложения 4-го составит 120 кг (см. разрешающий луч 2-2'''). В этих условиях ( $x_1 = 420$ ,  $x_2 = 300$ ,  $x_4 = 120$ ) объемы вложений 3-го и 5-го компонентов, как видно из номограмм рис. 1 (см. точки С и Д), будут соответственно равны  $x_3 = 120$  кг,  $x_5 = 200$  кг.

Предложенный способ формирования смесей ввиду своей простоты и наглядности может найти применение на текстильных предприятиях.

**Резюме.** Разработан номографический метод составления смесей для изготовления тканей в случаях, когда по производственным причинам одни компоненты приходится заменять другими со сходными свойствами.

#### Л и т е р а т у р а

1. Арончик Б.Д. Упрощенный метод построения составных номограмм из выравненных точек для уравнения вида  $f_1 + f_2 + \dots + f_n = 0$ . - В кн.: Номографический сборник № 9. М., 1973.

УДК 677.052.004.17

И.В. Ченнов, канд. техн. наук,  
А.В. Кузнецов, канд. техн. наук

#### УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ КОЛЬЦЕПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН

Производительность прядильных машин существенно зависит от управления ими со стороны инженерно-технических работников и качества перерабатываемого сырья (ровницы).

До сих пор для производительности ( $\Pi$ ) кольцепрядильных машин используют следующие формулы:

$$\Pi = \frac{V_{\text{в.ц.}} \cdot m \cdot 60 \cdot T_{\Pi} \cdot K_y}{10^6} \cdot K_{\text{п.в.}} ; \quad (1)$$

$$\Pi = \frac{n_{\text{об.вер.}} \cdot m \cdot 60}{10^3 \cdot K \cdot N_h} \cdot K_{\text{п.в.}} , \quad (2)$$

где  $V_{\text{в.ц.}}$  - скорость выпускного цилиндра (выпуска пряжи), м/мин;  $n_{\text{об.вер.}}$  - число оборотов веретен;  $m$  - число веретен на машине;  $T_{\Pi}$  - толщина пряжи, текс;  $K_{\text{п.в.}}$  - коэффициент полезного времени машины;  $K_y$  - коэффициент усадки или укручивания мычки от крутки;  $K$  - крутка, или число кручений на 1 м пряжи;  $N_h$  - метрический номер пряжи.