

Из табл. 9 и 10 видно, что по II и V группам соответствия продолжают оставаться хорошими, значительно улучшились результаты по I, VI и VII группам. На основе всего сказанного можно сделать вывод о том, что лучшее соответствие достигается при расчетах по VI и VII группам при $\theta = 28$ и при первоначальных значениях b , равных долям последнего 1966 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. D. Stone, A. Brown, D. A. Rowe. Demand Analysis and Projections for Britain 1900—1970: A Study in Method. H. J. Sandy (editor), Europe's Future Consumption. Amsterdam, North Holland Publishing Company, 1964.
2. Cambridge. Department of Applied Economics. A Computable Model of Economic Growth. London, Chapman and Hall, 1962.
3. R. W. Parks. Systems of Demand Equations. An Empirical Comparison of Alternative Functional Forms. University of Chicago, 1968.
4. Problems of Economic Dynamics and Planning Essays in Honour of Michal Kalecki. Warszawa, 1966.
5. Р. Стоун. Моделирование экономических систем. Экономика и матем. методы, 1965, т. I, вып. 3.
6. R. Stone. Mathematics in the Social Sciences and other Essayes. London, 1966.
7. R. Stone, A. Brown, D. A. Rowe. Demand Analysis and Projections for Britain: 1900—1970; A Study in Method. J. Economics. London, 1964.

Поступила в редакцию
20 VII 1970

О НЕКОТОРЫХ СПОСОБАХ ЛИНЕАРИЗАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ В ОТРАСЛЕВЫХ ЗАДАЧАХ

Л. В. АЛИЕВСКАЯ, Г. С. ПОПОВА, В. Т. АТАМАС,
Ю. М. МИТНИЦКАЯ

(Москва, Новосибирск)

Одно из важнейших направлений в развитии методов математического программирования связано с попытками учесть при решении конкретных экономических задач оптимизации различного рода нелинейные зависимости [1—3 и др.] Следует отметить, что практическое применение существующих сейчас методов нелинейного программирования связано со значительными вычислительными трудностями из-за сложности, громоздкости, медленной сходимости многих алгоритмов, а также из-за отсутствия стандартных и удобных в использовании на ЭВМ программ.

Здесь рассматриваются два метода решения задач, имеющих нелинейные целевые функции и линейные ограничения.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ЗАДАЧИ

Задача сводится к определению оптимальной мощности хлебоприемных пунктов (х.п.п.), их размещению, определению оптимальной структуры системы предприятий для послеуборочной обработки и хранения зерна и оптимальной схемы потоков зерна*.

Существующая система хлебозаготовок в стране предусматривает возможность обработки и хранения зерна в период уборки и в послеуборочный период на государственных линейных (л.х.п.п.) и глубинных (г.х.п.п.) пунктах. При этой системе хлебозаготовок все товарное зерно должно быть вывезено из колхозов и совхозов на государственные хлебоприемные пункты *только* в уборочный период. Такое требование приводит к потерям зерна и к большим дополнительным затратам, связанным с привлечением рабочей силы и транспорта из других областей и районов. Цель решения задачи — выявить экономический ущерб, связанный с такой организацией хлебозаготовок, и сравнить существующую систему с разрабатываемой Гипросельхозом. По предлагаемой системе хлебозаготовок создаются межколхозные г.х.п.п. Товарное зерно лишь частично в период уборки поступает на государственные х.п.п., а большая часть его в период уборки сосредоточивается на межколхозных х.п.п. и затем постепенно существующими транспортными средствами в течение послеуборочного периода перевозится на государственные приемные пункты.

Пусть заданы:

1. Годовой объем товарного зерна в каждом хозяйстве рассматриваемой области.
2. Расположение существующих и строящихся пунктов обработки и хранения зерна.

* Задача решена на примере оптимизации системы послеуборочной обработки и хранения зерна Новосибирской области.

3. Приведенные затраты и их составляющие (капиталовложения, издержки на обработку и хранение) на 1 т зерна по всем вариантам мощности, на которые может быть построен, расширен или реконструирован каждый из л.х.п.п. и г.х.п.п.

4. Состояние транспортной сети области, фактические размеры привлечения на уборку урожая автомобильного транспорта из других областей и районов рассматриваемой области и связанные с этим затраты.

5. Расстояния и затраты на транспортировку 1 т зерна между всеми рассматриваемыми пунктами возможной перевозки зерна в различные периоды года с учетом дорожных условий и стоимости привлечения автомобильного транспорта из других областей и других районов.

6. Для действующих и проектируемых х.п.п. установлены ограничения по максимально возможному для каждого из пунктов мощностям.

В качестве критерия оптимальности системы обработки и хранения зерна принимается минимум приведенных суммарных затрат, учитывающий размеры капиталовложений на новое строительство, расширение или реконструкцию предприятий, издержки обработки и хранения, транспортные и прочие расходы. В соответствии с этим математическая модель задачи может быть представлена в следующем виде: минимизировать функцию

$$F = \sum_{k=0}^3 \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n C_{ij}^k x_{ij}^k \quad (1)$$

при

$$\sum_{k=0}^3 \sum_{j=1}^m x_{ij}^k = B_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij}^1 = A_j^1, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij}^k \leq A_j^k, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad k = 0, 2, 3, \quad (3')$$

$$x_{ij}^k \geq 0, \quad (4)$$

где n — общее число колхозов (совхозов) и г.х.п.п.; m — число л.х.п.п. и г.х.п.п. Индекс k указывает, на какую емкость элеваторов (существующую, емкость прироста или послеуборочную) поступает зерно; $k = 0$ в г.х.п.п.; $k = 1$ соответствует существующим емкостям л.х.п.п.; $k = 2$ — емкостям прироста л.х.п.п.; $k = 3$ — послеуборочным емкостям л.х.п.п.; x_{ij}^k — объем товарного зерна, поступающего из i -го колхоза (совхоза) или г.х.п.п. на j -й х.п.п.; B_i — годовой объем товарного зерна, производимого в i -м колхозе (совхозе) или содержащегося на глубинном пункте; A_j^k — максимально возможные мощности х.п.п. (существующие, проектируемые и послеуборочные мощности для каждого пункта рассматриваются отдельно как самостоятельные пункты); C_{ij}^k — приведенные затраты на обработку, хранение и транспортировку 1 т зерна.

Величины приведенных совокупных затрат для всех возможных вариантов укрепления колхозов и совхозов к л.х.п.п. и г.х.п.п., а также г.х.п.п. к л.х.п.п. определяются

$$C_{ij}^0 = I_i^k + T_{ij} + I_j^r + 0,2K_j, \quad (5)$$

$$C_{ij}^1 = I_i^k + T_{ij} + I_j^{ny}, \quad (6)$$

$$C_{ij}^2 = I_i^k = T_{ij} + I_j^{ny} + 0,2K_j, \quad (7)$$

$$C_{ij}^3 = T_{ij} + I_j^{ny/y} = T_{ij} + \alpha_j I_j^{ny}. \quad (8)$$

Здесь I_i^k — удельные издержки на обработку и хранение зерна на совхозно-колхозных пунктах; T_{ij} — транспортные расходы; I_j^r — издержки на обработку и хранение 1 т зерна г.х.п.п.; I_j^{ny} — издержки на обработку и хранение 1 т зерна л.х.п.п. в уборочный период; $I_j^{ny/y}$ — то же в послеуборочный период; K_j — удельные капиталовложения на л.х.п.п. или г.х.п.п.; 0,2 — принятая норма эффективности капитальных вложений; α_j — коэффициент, показывающий, какой процент от издержек в уборочный период составляют издержки в послеуборочный период.

Удельные капиталовложения в строительство и расширение л.х.п.п. и г.х.п.п. в (5) — (8), а также издержки обработки и хранения определяются по соответствующим

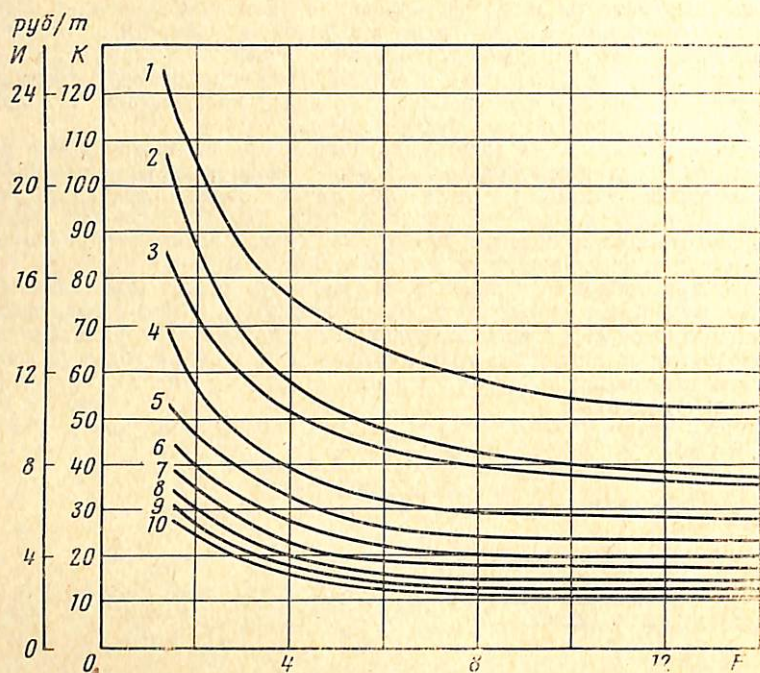


Рис. 1. 1 — И, $\eta = 0,4$; 2 — К; 3 — И, $\eta = 0,6$; 4 — И, $\eta = 0,8$; 5 — И, $\eta = 1,0$; 6 — И, $\eta = 1,2$; 7 — И, $\eta = 1,4$; 8 — И, $\eta = 1,6$; 9 — И, $\eta = 1,8$; 10 — И, $\eta = 2,0$

щим графикам или таблицам удельных и суммарных капиталовложений и издержек. Из графиков (рис. 1) видно, что и удельные капиталовложения и издержки обработки и хранения нелинейно зависят от емкости предприятий. Эта зависимость выражается в виде гиперболы, коэффициенты которой будут различными для разных зерновых районов страны и, кроме того, будут зависеть от годовых коэффициентов оборотов х.п.п. В общем виде указанная нелинейная зависимость может быть представлена *

$$И_j = a_1^j(\eta_j) + \frac{a_2^j(\eta_j)}{E_j}, \quad (9)$$

где η_j — годовой коэффициент оборота для л.х.п.п., определяемый из выражения

$$\eta_j = \frac{A_j^1 + \sum_i x_{ij}^2 + \sum_i x_{ij}^3}{E_j^0 + \sum_i x_{ij}^2}, \quad (10)$$

а E_j — геометрическая емкость х.п.п.

$$E_j = E_j^0 + \sum_i x_{ij}^2 \quad (11)$$

где E_j^0 так же, как и в (10), — некоторая постоянная, включающая в себя резерв емкости и используемую существующую емкость A_j^1 . Значения функций $a_1^j(\eta_j)$ и $a_2^j(\eta_j)$ находят из соответствующих графиков.

Таким образом, как видно из (9) — (11), приведенные совокупные затраты являются нелинейными функциями переменных x_{ij}^k . Следует обратить внимание на

* Здесь и в дальнейшем для простоты изложения, не ограничивая общности, будем учитывать нелинейность функций затрат только для л.х.п.п., при этом $И_{jny} = И_j$.

чрезвычайно сложный характер нелинейных зависимостей в этой задаче. Действительно, коэффициенты целевой функции в данном случае зависят не только от емкости элеваторов, но и от коэффициентов грузооборота, которые в свою очередь нелинейно выражаются через переменные задачи (10). Последнее обстоятельство осложняет решение по сравнению с обычно рассматриваемыми нелинейными задачами, в которых учитывается только зависимость производственных затрат от объемов предприятий. Именно поэтому для решения сформулированной задачи не могут быть использованы методы, применяемые для решения транспортных задач с нелинейной целевой функцией [2, 4].

2. ИТЕРАТИВНЫЙ МЕТОД, ОСНОВАННЫЙ НА АНАЛИЗЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНОК

В соответствии с представленной моделью задачи возможен следующий итеративный метод ее решения, учитывающий нелинейный характер коэффициентов C_{ij}^k . За начальное приближение C_{ij}^k принимаются значения $(C_{ij}^k)_0$, соответствующие полному заполнению максимально возможной емкости элеватора с учетом прироста и максимальному коэффициенту оборота. Вычисляемые при этом совокупные затраты будут минимальными. Находится решение транспортной задачи методами линейного программирования, в результате которого определяется условно-оптимальный план $\{x_{ij}^k\}_0$. Затем анализируется полученный план. Для каждого х.п.п. возможны три исхода: либо емкость данного пункта используется полностью, либо частично, либо не используется вообще. В первом случае коэффициенты C_{ij}^k не требуют корректировки. В двух других случаях затраты, очевидно, должны быть пересчитаны.

Для того чтобы по возможности избежать вероятности возникновения такой ситуации, когда после очередного пересчета окажется выгодным использование мощности пункта, ранее исключенной из задачи, целесообразно проработать мощности пунктов по оценкам, полученным расчетным путем. Расчетная оценка вычисляется следующим образом: для каждого способа использования мощностей х.п.п., частично не вошедших в план, рассчитывается величина, равная разности между оценкой колхоза (совхоза) или г.х.п.п. и прямыми затратами по данному способу. В результате для каждого х.п.п. получаем некоторый ряд чисел, из которого выбираем наибольшее. Это число и будет расчетной оценкой частично неиспользованного линейного пункта. Полученные расчетные оценки позволяют проработать не вошедшие в план х.п.п. и выделить среди них наихудшие. Очевидно, эти л.х.п.п. прежде всех остальных могут быть исключены из задачи.

Итак, выделив после первой итерации один или несколько близких по расчетным оценкам «наихудших» л.х.п.п., необходимо подсчитать для них новые значения затрат $(C_{ij}^k)_1$, соответствующие полученным в результате решения мощностям предприятий и их новым коэффициентам оборотов. Затем снова решается задача методами линейного программирования и проводится анализ оценок, после чего определяется следующая группа предприятий, затраты которых подлежат изменению. Процесс продолжается до тех пор, пока все затраты не будут соответствовать мощностям х.п.п. и их коэффициентам оборота.

При реализации этого метода существует опасность, что линейные пункты, исключенные из рассмотрения на каком-либо шаге, окажется выгодно использовать на последующих итерациях. Для того чтобы не ликвидировать, но хотя бы уменьшить опасность такого исхода, можно воспользоваться приемом, предложенным в [5].

3. МЕТОД ЛИНЕАРИЗАЦИИ

Практическая реализация рассмотренного выше итерационного метода во многих случаях может оказаться весьма трудоемкой, особенно при большой размерности задачи. Поэтому иногда целесообразно использовать другой метод, не требующий проведения такого количества расчетов в процессе решения, однако несколько увеличивающий размерность задачи, основы которого изложены в [3].

Рассмотрим некоторые особенности этого метода в применении к данной задаче. Сделаем некоторые необходимые преобразования. В частности, приведем нелинейную целевую функцию (1) в этой задаче к сепарабельному виду. Используя (6) — (8), запишем целевую функцию

$$F = \sum_{h=0}^3 \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \bar{C}_{ij}^h x_{ij}^h + 0,2 \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n K_j x_{ij}^2 + \\ + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \Pi_j \{A_j^4 + x_{ij}^2 + a_{ij} x_{ij}^3\},$$

где в C_{ij}^k объединены все составляющие приведенных затрат в (5) — (8), имеющие линейный характер. Учитывая (9) — (11), произведем замену переменных

$$\sum_i x_{ij}^2 = y_j^4, \quad (12)$$

$$A_j^4 + \sum_i x_{ij}^2 + \sum_i x_{ij}^3 = y_j^2, \quad (13)$$

$$A_j^4 + \sum_i x_{ij}^2 + \alpha_j \sum_i x_{ij}^3 = y_j^3, \quad (14)$$

$$\frac{y_j^2}{E_j^0 + y_j^4} = y_j^4, \quad (15)$$

$$a_1(y_j^4)y_j^3 = y_j^5, \quad (16)$$

$$\frac{a_2(y_j^4)y_j^3}{E_j^0 + y_j^4} = y_j^6. \quad (17)$$

Тогда целевая функция примет вид

$$F = \sum_{h=0}^3 \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \bar{C}_{ij}^h x_{ij}^h + 0,2 \sum_{j=1}^m K_j(y_j^4)y_j^4 + \sum_{j=1}^m y_j^5 + \sum_{j=1}^n y_j^6. \quad (18)$$

Как видно из (12) — (18), целевая функция является теперь нелинейной сепарабельной, однако в задачу при этом вводятся нелинейные ограничения (15) — (17). Для приведения их к сепарабельному виду можно использовать прием логарифмирования [3]. Тогда (15) запишется

$$\ln y_j^2 - \ln(E_j^0 + y_j^4) = \ln y_j^4. \quad (19)$$

Остальные ограничения (16), (17) преобразуются аналогично.

Теперь можно непосредственно перейти к приему линеаризации полученных нелинейных зависимостей. Для примера рассмотрим линейную аппроксимацию лишь одной из нелинейных функций: $\ln y_j^5$ (рис. 2). Из условий задачи можно определить пределы, в которых изменяется неизвестная y_j^5 : $(y_j^5)^0 \leq y_j^5 \leq (y_j^5)^n$.

Разбиваем интервал изменения переменной на n отрезков, имеющих длину соответственно $(\Delta y_j^5)^1, (\Delta y_j^5)^2$ и т. д., и строим линейную аппроксимирующую функцию так, как это показано на рис. 2. Тогда для переменной y_j^5 можно записать

$$y_j^5 = (y_j^5)^0 + (\Delta y_j^5)^1 \delta_{1j}^5 + (\Delta y_j^5)^2 \delta_{2j}^5 + \dots + \dots + (\Delta y_j^5)^n \delta_{nj}^5, \quad (20)$$

где на δ_{rj}^5 , $r = 1, 2, \dots, u, u+1, \dots, n$, наложены ограничения

$$0 \leq \delta_{rj}^5 \leq 1, \quad (21)$$

$$\delta_{uj}^5 = 0 \quad \text{при} \quad \delta_{u-1,j}^5 < 1, \quad (22)$$

$$\delta_{uj}^5 \geq 0 \quad \text{при} \quad \delta_{u-1,j}^5 = 1. \quad (23)$$

Функция $\ln(y_j^5) \approx \ln(y_j^5)$ примет вид

$$\ln y_j^5 = \ln(y_j^5)^0 + (\Delta \ln y_j^5)^1 \delta_{1j}^5 + (\Delta \ln y_j^5)^2 \delta_{2j}^5 + \dots + (\Delta \ln y_j^5)^n \delta_{nj}^5.$$

Если подобным же образом аппроксимировать все нелинейные зависимости, то, очевидно, получим задачу с линейными ограничениями и линейной целевой функцией. Ее можно было бы решать методами линейного программирования, если бы не ограничения (22), (23).

Для получения глобального оптимума при решении полученной приближенной линейной задачи возможен только один путь: преобразовать условия (22), (23) в целочисленные введением дополнительных переменных и ограничений вида

$$\begin{aligned} \delta_{u-1,j}^p &\geq \psi_{u-1,j}^p & \delta_{uj}^p &\leq \psi_{u-1,j}^p \\ \psi_{u-1,j}^p &= \begin{cases} 0, \\ 1, \end{cases} & p &= 1, 2, \dots, 6. \end{aligned}$$

Задача превращается в задачу целочисленного программирования, и для ее решения может быть использован итерационный алгоритм и программа его реализации

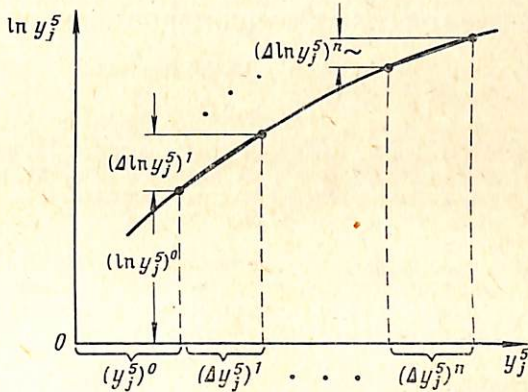


Рис. 2

на ЭВМ, предложенные в [6]. Следует отметить, что введение условий целочисленности существенно увеличивает размерность задачи и во многих случаях делает невозможным непосредственное применение методов целочисленного программирования [6]. Поэтому в каждом конкретном случае целесообразно принять некоторые меры, позволяющие по возможности сократить размерность задачи и в то же время обеспечить выполнение условий (22), (23). В частности, для нашей задачи возможно использование следующего приема. Так как разбиение интервала изменения переменных y_j^5 и y_j^6 произвольно, осуществим его таким образом, чтобы (например, для y_j^5) $(\Delta y_j^5)^1 < (\Delta y_j^5)^2 < \dots < (\Delta y_j^5)^n$. Аналогично и для y_j^6 . Поскольку задача решается на минимум целевой функции, прежде всего положительные значения будут принимать те переменные δ_{rj}^5 , у которых значения коэффициентов целевой функции $(\Delta y_j^5)^r$ наименьшие. Тем самым будет соблюдаться нужная очередность включения δ_{rj}^5 в задачу, и ограничения (22), (23) будут выполняться автоматически без введения условий целочисленности.

Рассмотренный прием справедлив лишь для переменных y_j^5 и y_j^6 , $j = 1, 2, \dots, m$, непосредственно и в линейном виде входящих в целевую функцию. Для других дополнительных переменных δ_{rj}^p , соответствующих переменным y_j^1 , y_j^2 , y_j^3 и y_j^4 , можно по аналогии ввести некоторые малые по величине веса, с которыми искусственно включить переменные δ_{rj}^p , $p = 1, 2, 3, 4$, в целевую функцию. Как показали расчеты, последнее условие является довольно слабым и не позволяет для всех переменных обеспечить выполнение (22), (23).

Если не удастся с помощью искусственных приемов добиться удовлетворения неравенств (22), (23), для переменных приходится вводить условие целочисленности, но полученная при этом размерность задачи все-таки значительно меньше той, которую имеет полностью целочисленный вариант задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Д. Анисимов-Спирidonov. Методы и модели больших систем оптимального планирования и управления. М., «Наука», 1969.
2. Е. Б. Триус. Задачи математического программирования транспортного типа. М., «Сов. радио», 1967.
3. Дж. Хедли. Нелинейное и динамическое программирование. М., «Мир», 1967.
4. С. М. Shetty. A Solution to the Transportation Problem with Nonlinear Costs. Oper. Res., 1959, v. 7, N 5.

5. Оптимальный план отрасли. М., «Экономика», 1970.
6. А. Б. По м а н с к и й, А. Д. Ш а п и р о. Об итеративных методах решения отраслевых задач, содержащих дискретные переменные. В сб.: Модели и алгоритмы оптимального планирования. Вып. II. М., 1967 (ЦЭМИ АН СССР).

Поступила в редакцию
28.V.1970

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НА УЧАСТКАХ ПРОИЗВОДСТВА МАССОВЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

Н. П. ХАБЕРЕВ

(Горький)

Задача управления участками изготовления массовых тонкопленочных резисторов с большой номенклатурой номинальных величин сопротивления является многовариантной и состоит в выборе технологических режимов и заготовок, получаемых разными способами нанесения пленки со случайными распределениями сопротивления.

Участки специализированы на выпуске резисторов определенных типов (МЛТ, ВС и др.) с определенной мощностью рассеяния тока и являются узловыми для всего производства, так как на них предопределяется выполнение плана по большой номенклатуре номинальных величин сопротивления. Различия в технологическом процессе изготовления разных типоразмеров резисторов не имеют существенного значения, поэтому в качестве примера можно рассмотреть любой из участков, например, производство резисторов МЛТ-0,5 вт. На участок поступают заготовки для нанесения резистивной пленки способами $i = 1, 2, \dots, m$, в объемах x_i . Для каждого способа рекомендованы определенные диапазоны получаемого сопротивления R заготовок, частично перекрывающие друг друга и включающие ряд номиналов. Вследствие случайных колебаний режимов нанесения пленки распределение сопротивления случайно. Установлен стационарный характер для его разных способов и определены

законы $f_i(R_{\text{заг}})$ распределения. Интенсивность $P_i = x_i / \sum_{i=1}^m x_i$ применения i -х способов может изменяться, т. е. общий закон распределения $F(R_{\text{заг}})$ является суперпозицией частных законов

$$F(R_{\text{заг}}) = \sum_{i=1}^m P_i f_i(R_{\text{заг}}). \quad (1)$$

После нанесения пленки, партии, не смешиваясь, проходят ряд операций, которые практически не изменяют величины сопротивления, с вероятностью выхода годных — $P(i)$. Затем заготовки сортируются на большое количество групп $j = 1, 2, \dots, r$, соответствующих геометрическому ряду шкалы сопротивления, составляя текущий запас s_j . Условная вероятность попадания i -х заготовок в j -ю группу — $P(j/i)$. Группы j из кладовой могут направляться на нарезку номиналов $R_{\text{ном}}$ с номерами $k = 1, 2, \dots, n$.

Операция нарезки спиральной канавки на резистивном слое позволяет увеличить сопротивление заготовки на несколько порядков в соответствии с выбранным шагом нарезки h . Трудоемкость и производственные затраты на нарезке зависят от шага. Нарезаемый номинал $R_{\text{ном}}$, сопротивление $R_{\text{заг}}$ и шаг нарезки, являющийся функцией $h = \Phi(R_{\text{ном}}/R_{\text{заг}})$, задаются при запуске партий по специальным таблицам нарезки. Область N допускаемых для нарезки заготовок ограничена определенными шагами h_{min} и h_{max} . Любой номинал k_a можно получить из большого количества j -х групп, а j -ю группу — использовать для нарезки разных номиналов, т. е. задача выбора технологических режимов и планирования запуска на нарезку является многовариантной. Так, для резисторов типа МЛТ-0,5 в области допускаемых заготовок содержится свыше 3000 элементарных объемов запуска вида z_{jk} , каждый из которых принимает любое значение от 0 до величины объема выпуска w_k .

Ассортимент выпуска может иметь значительные колебания в зависимости от опроса, многократных коррекций плана производства и носит случайный характер