

Таблица 2

**Расчет экономической эффективности резервирования бригад  
рабочих-формовщиков в целом по литейному цеху**

| №<br>п.п. | Элементы расчета                                                                                                         | Варианты |        |        |        |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|--------|--------|
|           |                                                                                                                          | $m$      | $m+1$  | $m+2$  | $m+3$  |
| 1         | Надежность функционирования в процессе труда бригады формовщиков                                                         | 0,8500   | 0,9350 | 0,9850 | 1,0000 |
| 2         | Надежность функционирования в процессе труда материальных элементов рабочего места механизированной формовки             | 0,7348   | 0,8538 | 0,8538 | 0,8538 |
| 3         | Надежность функционирования в процессе труда производственной системы «рабочее место механизированной формовки»          | 0,6246   | 0,7983 | 0,8405 | 0,8538 |
| 4         | Максимально возможная дифференциальная производительность рабочего места механизированной формовки (литейных форм в час) | 60       | 60     | 60     | 60     |
| 5         | Интегральная производительность рабочего места механизированной формовки (литейных форм в час)                           | 37,5     | 48     | 50,5   | 51     |
| 6         | Увеличение выпуска литейных форм, %                                                                                      | 100      | 127    | 134,6  | 136,6  |
| 7         | Рост численности бригады формовщиков, %                                                                                  | 100      | 120    | 140    | 1 ( )  |
| 8         | Удельный вес формовщиков в численности рабочих цеха                                                                      | 0,145    | 0,145  | 0,145  | 0,145  |
| 9         | Удельный вес прочей изменяемой численности рабочих цеха                                                                  | 0,500    | 0,500  | 0,500  | 0,500  |
| 10        | Общее увеличение численности рабочих цеха, %                                                                             | 100      | 116,9  | 123,1  | 127    |
| 11        | Рост производительности труда одного рабочего по цеху, %                                                                 | 100      | 108,5  | 109,5  | 107,5  |

вок по цеху только на 20—22 %, т. е. по сравнению с любым из вариантов, рассчитываемых по предлагаемой методике, этот вариант был бы менее эффективен.

Предлагаемая методика пригодна не только для резервирования рабочих, но и для любых материальных элементов производственной системы, например формовочных и стержневых машин, литейных ковшей и пневмоподъемников и т. п.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Народное хозяйство СССР в 1963 г. Статистический ежегодник. М., «Статистика», 1965.
2. С. Х. Гурьянов, И. А. Поляков, К. С. Ремизов. Справочник экономиста по труду. М., «Экономика», 1962.
3. Е. С. Вентцель. Теория вероятностей. М., Физматгиз, 1962.

Поступила в редакцию  
16 XI 1965

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЯ ЗАТРАТ В МАШИНОСТРОЕНИИ

М. П. МИНЦ

(Львов)

Важное значение в машиностроении из-за длительности производственного цикла имеет измерение затрат в незавершенном производстве. Изучение опыта работы экономических служб машиностроительных предприятий показывает, что оценка незавершенного производства сопряжена с огромными затратами рабочего времени инженерно-технических работников и служащих. Только одни работники планово-экономических служб тратят на это не менее 25% рабочего времени, что составляет в масштабе всей отрасли свыше 30 млн. человеко-часов в год. Применение электронно-вычислительных машин позволило бы высвободить большое количество квалифицированного труда от выполнения повторяющихся утомительных операций и использовать его более рациональным образом. Однако этот крупный резерв повышения эффективности труда в управлении до настоящего времени еще не реализован. Этому препятствует нерешенность ряда вопросов методического характера.

Определение наличия затрат в незавершенном производстве связано с использованием большого количества исходной информации. Эта информация включает сведения двух видов: во-первых, данные о нормативных затратах на изготовление деталей и сборочных соединений (в денежном выражении) и, во-вторых, данные об их фактическом наличии на различных участках производства. Основная трудность обработки такой информации состоит в том, что сведения обоих видов являются не постоянными, а переменными. Непрерывное изменение исходной информации обуславливает большие затраты труда при ее вводе в ЭВМ, что немного снижает эффективность их применения.

Важным шагом вперед по пути механизации расчетов незавершенного производства в машиностроении могло бы стать преобразование хотя бы части исходной информации из переменной в постоянную. По нашему мнению, такой информацией могут стать стабильные нормативные калькуляции, разрабатываемые на определенную дату. Для приведения затрат в незавершенном производстве, измеренных с помощью стабильных нормативных калькуляций, к действительному (текущему) уровню можно использовать соответствующие коэффициенты пересчета, исчисленные в целом по отдельным изделиям.

Решение вопроса о приемлемости оценки незавершенного производства машиностроительных предприятий с помощью стабильных нормативных калькуляций требует выяснения точности такой оценки. Для этой цели необходимо располагать сотнями или даже тысячами результатов проверочных сравнительных расчетов. Между тем при осуществлении таких расчетов в заводских условиях для получения только одного результата приходится на продолжительный период загружать многих ра-

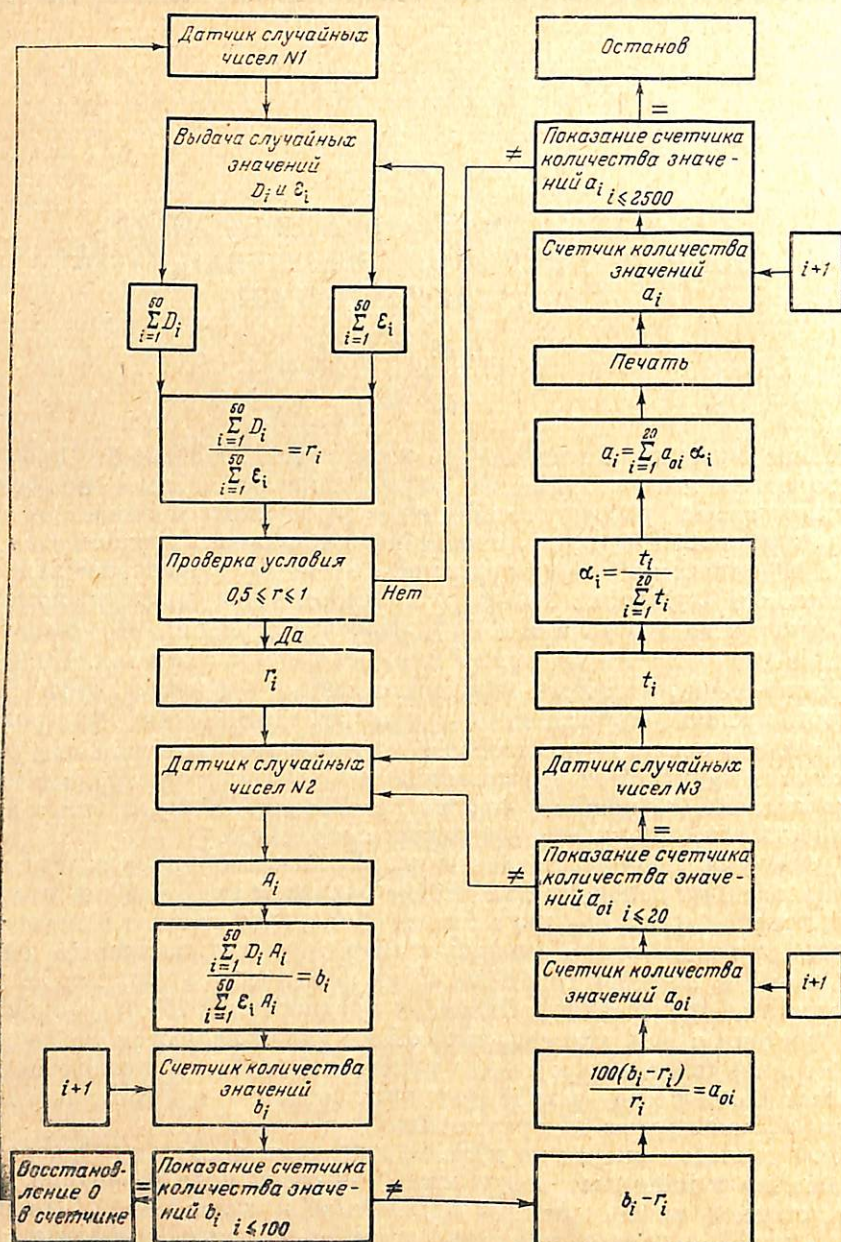


Рис. 1. Блок-схема программы для ЭВМ «Минск-1», составленная на основе модели для анализа точности оценки незавершенного производства машиностроительного предприятия при использовании стабильных нормативных калькуляций

ботников. Поэтому получить необходимые исходные данные для исследования данного вопроса до последнего времени не удавалось.

В то же время точность оценки незавершенного производства машиностроительных предприятий с помощью стабильных нормативных калькуляций может быть сравнительно легко выяснена на основе метода Монте-Карло. Сущность этого метода состоит в построении математической модели, отражающей внутренние закономерности исследуемого явления

или процесса, и в использовании построенной модели для получения нужного количества экспериментальных данных путем проведения статистических испытаний на ЭВМ [4].

При построении математической модели для данного конкретного случая достаточно учесть следующие обстоятельства:

1) порядок расчета наличия затрат в незавершенном производстве аналогичен для каждой из прямых статей расходов;

2) суммарные затраты в незавершенном производстве складываются из затрат на изготовление отдельных деталей и выполнение отдельных сборочных операций;

3) в силу многодетальности и многономенклатурности машиностроительного производства величина нормативных затрат (в денежном выражении) на изготовление каждой отдельной детали или выполнение каждой отдельной сборочной операции, фактическое наличие деталей на той или иной стадии незавершенного производства и его структура в преобладающей степени складываются случайно;

4) вследствие последовательного повышения освоенности производства машин нормативные затраты, имеющие место в данный момент времени, т. е. текущие, меньше стабильных, но не более чем в два раза;

5) машиностроительные предприятия, как правило, производят не один вид продукции, а несколько.

Схема построения модели для анализа точности оценки незавершенного производства машиностроительного предприятия при использовании стабильных нормативных калькуляций дается в табл. 1.

В результате проведения статистических испытаний, предусматривающих реализацию построенной модели на ЭВМ «Минск-1» (рис. 1), было получено 2500 экспериментальных значений величины  $a_i$ . Интервальное распределение этих значений  $a_i$  показано в табл. 2. Проведение такого количества испытаний обеспечивает высокую надежность выводов ( $p = 0,98$ ).

Для выравнивания экспериментального распределения была использована зависимость (рис. 2):

$$p = \frac{1}{(0,05a_i^2 + 0,13a_i + 0,29)^3}.$$

Расчет корреляционного отношения показал, что между экспериментальными и выравнивающими частотами имеет место весьма хорошее согласие ( $\eta_{a_i} = 0,996$ ).

Установление закона распределения случайных значений величины  $a_i$  дает возможность определить вероятность возникновения того или иного размера погрешности расчетов незавершенного производства при использовании стабильных нормативных калькуляций:

$$p(a_{i1} < a_i < a_{i2}) = \int_{a_{i1}}^{a_{i2}} \frac{da_i}{(0,05a_i^2 + 0,13a_i + 0,29)^3}$$

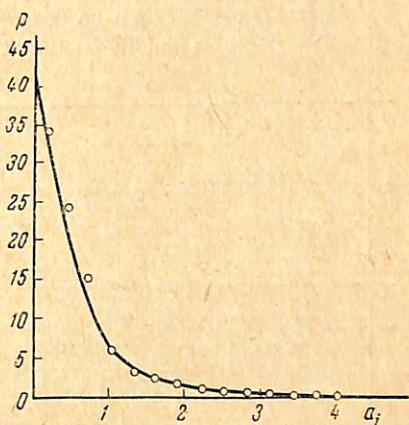


Рис. 2. Распределение случайных значений величины  $a_i$

Таблица 1

| № п.п. | Вид величин                                                                                                                               | Единица измерения | Обозначения или формулы                                               |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 1      | Нормативные затраты на отдельную деталь, находящуюся в составе незавершенного производства                                                | текущие           | руб. $m_{Ti}$                                                         |
|        |                                                                                                                                           | стабильные        | » $m_{ci}$                                                            |
| 2      | Применяемость деталей на машину                                                                                                           | шт.               | $P_i$                                                                 |
| 3      | Нормативные затраты на комплект одноименных деталей, идущих на одну машину                                                                | текущие           | руб. $D_i^i = m_{Ti} P_i$                                             |
|        |                                                                                                                                           | стабильные        | » $\varepsilon_i = m_{ci} P_i$                                        |
| 4      | Нормативные затраты на машину                                                                                                             | текущие           | » $\sum_{i=1}^n D_i$                                                  |
|        |                                                                                                                                           | стабильные        | » $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i$                                        |
| 5      | Соотношение между текущими и стабильными нормативными затратами на машину (коэффициент пересчета стабильных нормативных затрат в текущие) | —                 | — $r_i = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i}$         |
| 6      | Область существования реальных значений, $r$                                                                                              | —                 | $0,5 \leq r \leq 1$                                                   |
| 7      | Укомплектованность незавершенного производства по отдельным номенклатурным позициям                                                       | компл.            | $A_i$                                                                 |
| 8      | Нормативные затраты на партии одноименных деталей одинаковой степени готовности, входящих в состав незавершенного производства            | текущие           | руб. $D_i A_i$                                                        |
|        |                                                                                                                                           | стабильные        | » $\varepsilon_i A_i$                                                 |
| 9      | Суммарные нормативные затраты на все незавершенное производство по определенной машине                                                    | текущие           | » $\sum_{i=1}^n D_i A_i$                                              |
|        |                                                                                                                                           | стабильные        | » $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i A_i$                                    |
| 10     | Соотношение между текущими и стабильными нормативными затратами на все незавершенное производство по определенной машине                  | —                 | — $b_i = \frac{\sum_{i=1}^n D_i A_i}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i A_i}$ |
| 11     | Разность соотношений между текущими и стабильными нормативными затратами на машину и на случайную совокупность заделов по этой машине     | абсолютная        | руб. $b_i - r$                                                        |
|        |                                                                                                                                           | относительная     | % $a_{0i} = \frac{100(b_i - r)}{r}$                                   |

Окончание табл. 1

| № п/п | Вид величин                                                                                 | Единица измерения | Обозначения или формулы                         |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|
| 12    | Сумма затрат на незавершенное производство по отдельному виду продукции                     | —                 | руб. $t_i = \sum_{i=1}^n D_i A_i$               |
| 13    | Общая сумма затрат на незавершенное производство по всем видам изготавливаемой продукции    | —                 | » $\sum_{i=1}^l t_i$                            |
| 14    | Доля отдельных видов продукции в общей сумме затрат на незавершенное производство           | —                 | % $\alpha_{(i)} = \frac{t_i}{\sum_{i=1}^l t_i}$ |
| 15    | Погрешность расчетов (средняя величина отклонений $a_{0i}$ , взвешенных по признаку $t_i$ ) | —                 | » $a_i = \sum_{i=1}^l a_{0i} \alpha_i$          |

Таблица 2

| Интервалы значений, %<br>(по абсолютной величине) | Частоты    |                   |               | Интервалы значений, %<br>(по абсолютной величине) | Частоты    |                   |               |
|---------------------------------------------------|------------|-------------------|---------------|---------------------------------------------------|------------|-------------------|---------------|
|                                                   | абсолютные | относительные     |               |                                                   | абсолютные | относительные     |               |
|                                                   |            | экспериментальные | выравнивающие |                                                   |            | экспериментальные | выравнивающие |
| 0—0,3                                             | 840        | 33,60             | 33,33         | 3,0—3,3                                           | 15         | 0,60              | 0,58          |
| 0,3—0,6                                           | 618        | 24,72             | 21,74         | 3,3—3,6                                           | 10         | 0,40              | 0,42          |
| 0,6—0,9                                           | 388        | 15,52             | 13,89         | 3,6—3,9                                           | 6          | 0,24              | 0,31          |
| 0,9—1,2                                           | 221        | 8,84              | 8,93          | 3,9—4,2                                           | 10         | 0,40              | 0,23          |
| 1,2—1,5                                           | 129        | 5,16              | 5,78          | 4,2—4,5                                           | 5          | 0,20              | 0,17          |
| 1,5—1,8                                           | 92         | 3,68              | 3,81          | 4,5—4,8                                           | 2          | 0,08              | 0,13          |
| 1,8—2,1                                           | 62         | 2,48              | 2,53          | 4,8—5,1                                           | 2          | 0,08              | 0,10          |
| 2,1—2,4                                           | 42         | 1,68              | 1,71          | 5,1—5,4                                           | 3          | 0,12              | 0,08          |
| 2,4—2,7                                           | 30         | 1,20              | 1,18          | 5,4—5,7                                           | 2          | 0,08              | 0,06          |
| 2,7—3,0                                           | 21         | 0,84              | 0,82          | 5,7—6,0                                           | 2          | 0,08              | 0,05          |
|                                                   |            |                   |               | Всего                                             | 2500       | 100,0             | —             |

Результаты вычисления площадей определенных интегралов в различных интервалах приводятся в табл. 3.

Полученные результаты показывают, что в различных случайных условиях абсолютное большинство значений  $a_i$  распределяется в сравнительно небольшом интервале ( $0 \div 4\%$ ), причем вероятность возникновения каждого отдельного значения погрешности  $a_i$  тем больше, чем оно ближе к нулю.

Учитывая, что косвенные расходы, составляющие примерно 30—40% всех затрат, не могут быть отнесены непосредственно на конкретные виды продукции, а распределяются пропорционально какой-либо определенной базе, можно констатировать, что при оценке незавершенного производства с помощью стабильных нормативных калькуляций достигается не менее чем 97 ÷ 98%-ная точность расчетов.

Таблица 3

| Интервалы значений величины $a_i$ , % | Соответствующие значения определенного интеграла                                                | Вероятность попадания значения $a_i$ в данный интервал при случайном испытании, % |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | $P(a_{i1} < a_i < a_{i2}) = \int_{a_{i1}}^{a_{i2}} \frac{da_i}{(0,05a_i^2 + 0,13a_i + 0,29)^3}$ |                                                                                   |
| 0 ÷ 0,5                               | 14,79463                                                                                        | 50,94                                                                             |
| 0 ÷ 1,0                               | 21,88136                                                                                        | 75,34                                                                             |
| 0 ÷ 2,0                               | 26,99820                                                                                        | 92,95                                                                             |
| 0 ÷ 3,0                               | 28,34832                                                                                        | 97,50                                                                             |
| 0 ÷ 4,0                               | 28,76177                                                                                        | 99,03                                                                             |
| 0 ÷ ∞                                 | 29,04340                                                                                        | 100,00                                                                            |

Применение стабильных нормативных калькуляций дает возможность организовать оценку незавершенного производства предприятий машиностроения на основе уже имеющейся электронно-вычислительной техники. Реализация этой возможности позволит ускорить получение информации для руководства предприятиями и повысить эффективность труда работников аппарата управления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. П. Бусленко, Ю. Л. Шрейдер. Метод статистических испытаний (Монте-Карло) и его реализация на цифровых вычислительных машинах. М., Физматгиз, 1961.

Поступила в редакцию  
14 V 1965

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

Л. А. БАЗИЛЕВИЧ

(Ленинград)

1. В настоящее время еще не устранен значительный разрыв между теоретической разработкой различных методов оптимального планирования и практическим применением их в производственной деятельности. Во многих случаях это объясняется тем, что теоретическим требованиям постановки задачи не вполне соответствует реальное течение производственных процессов, или тем, что точное математическое описание (моделирование) их затруднено настолько, что при имеющихся технических и вычислительных средствах практически не производится.

В то же время сейчас имеется ряд эффективных и практически широко доступных методов статистико-математического описания сложных взаимосвязей, в частности корреляционные методы анализа. Теоретически они достаточно полно разработаны, и накоплен некоторый опыт их применения для описания производственных процессов с использованием полученных моделей, либо для прогнозирования результатов процесса на основе знания фактических значений факторов, либо для целенаправленного изменения факторов.

Корреляционный подход во многих случаях является единственно возможным для построения модели, использование которой для управления дает удовлетворительные результаты. И это отнюдь не противоречит стремлению к точному математическому описанию потому, что в большинстве случаев связь между результатами производства и его факторами носит статистический характер. Поэтому корреляционный подход позволяет доводить описание процесса до той степени детализации, которая наилучшим образом соответствует требуемой точности, оперативности и наличным вычислительным средствам.

Большие возможности открывает применение корреляционных методов в сочетании с методами оптимального программирования. Попытке соединения этих методов в одном исследовании и посвящена настоящая работа. Рассмотрим вопрос сначала в общем виде, а затем на конкретной производственной задаче.

Постановка задачи линейного программирования требует построения линейной модели оптимизируемого процесса. Корреляционное уравнение, построенное на обоснованном предположении о форме связи, рассчитанное на основе достоверной информации и всесторонне оцененное показателями точности аппроксимации, может быть включено в состав линейной модели процесса.

Пусть имеется  $n$  управляемых факторов производственного процесса с интенсивностью их использования  $x_j$  и  $m$  находящихся в зависимости от них показателей технических, технологических или экономических результатов хода процесса —  $y_i$ . Мы располагаем данными статистического