

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ

Е. А. Пискун

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель И. А. Мурашко

При планировке поточных линий необходимо обеспечить кратчайшие маршруты движения предметов труда, наиболее рационального использования производственной площади, наилучшие условия для транспортировки материалов и деталей к рабочим местам, удобство подходов для обслуживания и ремонта.

На машиностроительных предприятиях часто проводятся перепланировки оборудования на участках и в цехах. Выбор рациональной планировки оборудования определяется тем, что она влияет на прямооточность, непрерывность и ритмичность производственного процесса, на величину транспортных расходов, себестоимость продукции, капиталовложения, уровень организации труда и т. д.

Наиболее обобщенным критерием, позволяющим получить количественную оценку влияния планировки оборудования производственного участка на результаты работы, является себестоимость продукции. Себестоимость продукции изменяется за счет следующих факторов:

- изменения затрат на перемещение материала в процессе производства на участке;
- изменения размеров производственной площади участка;
- повышения коэффициента загрузки оборудования.

Влияние двух последних факторов на себестоимость продукции незначительно, поэтому основным фактором, влияющим на себестоимость продукции, является изменение затрат на перемещение материала в процессе производства. Затраты на перемещение, в свою очередь, зависят от объема грузооборота на участке.

Грузооборот линии влияет на размеры текущих эксплуатационных затрат (расходы на содержание, ремонт и эксплуатацию транспортных средств), на размеры внутриучасткового незавершенного производства, на общую массу конвейера, следовательно, и стоимость конвейерного оснащения.

Чтобы доказать важность разрабатываемого программного средства, были произведены расчеты двух различных планировок размещения оборудования, приведенных на рис. 1.

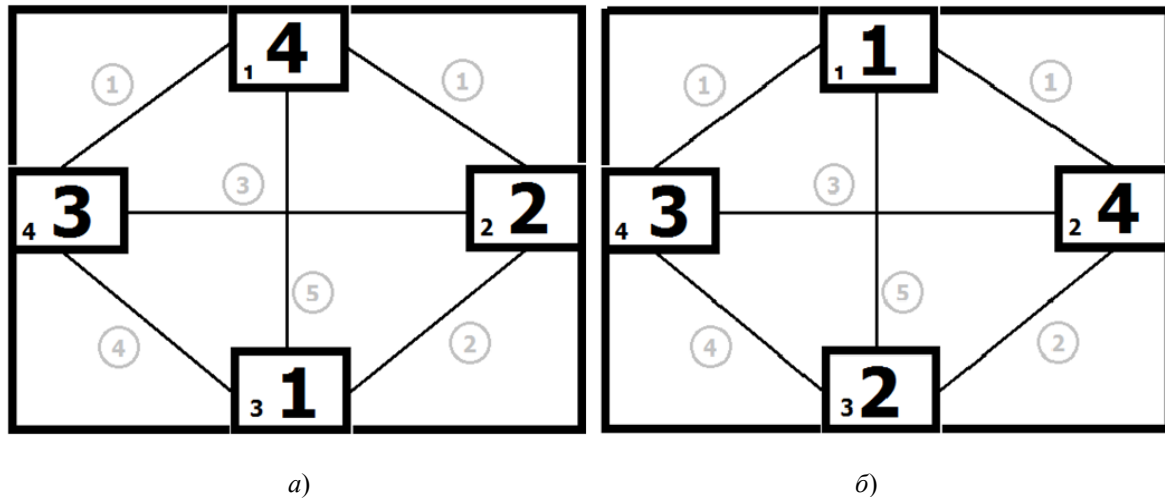


Рис. 1. Варианты размещений оборудования:
а – первый вариант, б – второй вариант

Предположим, что имеется цех, в котором изготавливается 4 наименования различных изделий. Масса годовой программы 1-го наименования изделия составляет 10 т, 2-го – 20 т, 3-го – 5 т и 4 – 30 т. Эти предметы изготавливаются на 4 рабочих местах. Очередность обработки изделий на этих местах задается матрицей:

$$U = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 4 & 3 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 4 & 3 \\ 1 & 3 & 4 & 2 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Расстояние между площадками, на которые необходимо установить рабочие места, задается матрицей:

$$G = \begin{pmatrix} \infty & 1 & 1 & 5 \\ 1 & \infty & 3 & 2 \\ 1 & 3 & \infty & 4 \\ 5 & 2 & 4 & \infty \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Для определения грузооборота масса перевезенного груза в тоннах (отдельно по каждой партии груза) умножается на дальность перевозки и полученные произведения суммируются.

Рассчитаем грузооборот для первого варианта размещения: для 1-го изделия порядок выполнения следующий: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$, $t_1 = 10(2 + 3 + 1) = 60$; $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$, $t_3 = 5(2 + 1 + 1) = 20$; для 4-го изделия: $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2$, $t_4 = 30(4 + 1 + 1) = 180$.

Определим общий грузооборот, просуммировав грузообороты каждого из изделий: $T_1 = 60 + 120 + 20 + 180 = 380$ ткм.

Рассчитаем грузооборот для второго варианта размещения: для 1-го изделия порядок выполнения следующий: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$, $t_1 = 10(5 + 4 + 3) = 120$; для 2-го изделия: $4 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$, $t_2 = 20(3 + 4 + 5) = 240$; для 3-го изделия: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$, $t_3 = 5(5 + 2 + 3) = 50$; для 4-го изделия: $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2$, $t_4 = 30(1 + 3 + 2) = 180$.

Определим общий грузооборот, просуммировав грузообороты каждого из изделий: $T_2 = 120 + 240 + 50 + 180 = 545$ ткм.

Сравнив результаты расчета двух различных расположений рабочих мест, можно увидеть, что грузооборот при первом расположении практически в 1,5 раза меньше, чем при втором. Следовательно, разработка приложения для оптимизации размещения оборудования на поточной линии необходима и важна, так как позволит сократить выше перечисленные затраты.

В общем виде задача оптимальной расстановки оборудования формулируется следующим образом: N_i – программа выпуска по i -му изделию; q – число площадок, которые выделяются для размещения q станков; g_i – масса единицы i -го изделия; u_{ij} – порядковый номер очередности обработки партии предметов i -го изделия на j -м станке ($i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, q}$); X – множество допустимых перестановок (допустимых вариантов размещения оборудования); $l_i(X)$ – путь, который проходит i -е изделие в процессе обработки.

Требуется разместить рабочие места по площадкам так, чтобы обеспечить минимальный объем грузооборота, т. е. минимизировать функцию

$$f(X) = \sum_{i=1}^m N_i g_i l_i(X). \quad (3)$$

Пусть:

l_{ab} – расстояние между площадками a и b ; M_{cd} – множество предметов, обрабатываемых после рабочего места c на рабочем месте d и обратно.

Тогда масса продукции, идущей от рабочего места c к d (и обратно, от d к c), определяется как

$$g_{cd} = \sum_i M_{cd} N_i g_i. \quad (4)$$

Занумеруем числа $g_{cd} (c = \overline{1, \dots, \bar{k}-1}, d = c + 1, \dots, \bar{k})$ в последовательность $G: G = (g_1, \dots, g_v, \dots, g_k)$, а числа $c_{ab} (a = \overline{1, \dots, \bar{k}-1}, b = a + 1, \dots, \bar{k})$ в последовательность $L: L = (c_1, \dots, c_2, \dots, c_k)$.

Положим $g_{vz} = g_v c_z$. Из чисел g_{cd} составим квадратную матрицу $\xi = (g_{vz})$. Тогда необходимо решить следующую задачу.

Найти минимум

$$f(x) = \sum_{v=1}^k \sum_{z=1}^k g_{vz} x_{vz}. \quad (5)$$

Для решения поставленной задачи необходимо:

- 1) решить задачу о назначениях, минимизируя объем грузооборота;
- 2) вычислить потенциалы, соответствующие найденному оптимальному плану в задаче о назначениях;
- 3) решить задачу ветвей и границ для нахождения оптимального размещения.

Для данного приложения было разработано информационное обеспечение системы в СУБД MicrosoftOfficeAccess. Основные данные, хранящиеся в СУБД, – справочники «Цеха» и «Изделия». Информация о цехе представляет собой перечень, состоящий из кода цеха, его названия, количества площадок, расстояния между ними, а так же площадь цеха. Информация об изделиях включает в себя следующую информацию о каждом изделии: код изделия, название изделия и порядок их обработки.

На основе информационного обеспечения будет разработано приложение с простым и понятным пользователю интерфейсом. Приложение будет позволять пользователю работать со справочниками, обрабатывать исходные данные (пользователю будет предложена возможность выбрать цех; исходя из количества площадок выбранного цеха, пользователю будет предоставлена возможность выбора изделий, которые будут производиться в данном цехе; пользователь должен будет определить массу годовой программы выпуска для каждого из выбранных изделий) и на их основе производить расчеты и предлагать оптимальное размещение оборудования на поточной линии.