

С.Я. Егоров, А.С. Полянский

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

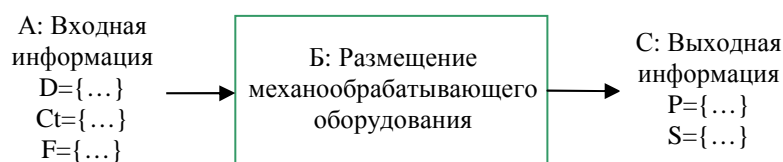
В статье рассматривается постановка задачи размещения оборудования механообрабатывающих производств. Эта задача возникает при проектировании нового или модернизации существующего производства [1]. На окончательный вариант размещения оборудования влияет ряд факторов, таких как тип конструкции цеха, условия безопасной работы оборудования, условия транспортировки заготовок (деталей), удобство обслуживания и ремонта оборудования, возможность его замены, соблюдение требований строительных норм и правил, относящихся к проектированию и эксплуатации данного типа производства. Учет этих факторов при автоматическом решении позволит выбрать оптимальный вариант размещения оборудования, и вследствие этого сократить расходы на строительство и электроэнергию, необходимую для работы оборудования.

Словесно задачу размещения механообрабатывающего оборудования можно сформулировать так: найти пространственное расположение механообрабатывающего оборудования в цехах с учетом всех правил, требований и ограничений, при котором критерий оптимальности достигает экстремума.

Для формализации задачи введем ряд допущений и обозначений:

1. Все объекты, участвующие в процессе размещения (детали, оборудование, металлоконструкции, перекрытия, колонны и т.д.) аппроксимируются простейшими геометрическими фигурами.
2. Объекты пересекаются, если пересекаются соответствующие параллелепипеды.
3. Расстояния берутся от наружных габаритных размеров станков, включающих крайние положения движущихся частей, открывающихся дверок и постоянных ограждений станков.

На рисунке 1 приведена входная и выходная информация задачи размещения механообрабатывающего оборудования.



**Рис. 1. Входная и выходная информация задачи размещения
механообрабатывающего оборудования**

Исходные данные для задачи размещения механообрабатывающего оборудования (координирующий сигнал А) включают:

- информацию о типе и размере обрабатываемых деталей:

$$D = \left\{ D_m = \left(la_m^x, la_m^y, la_m^z, M_m \right), m=1...na \right\},$$

где D_m – вектор параметров детали с номером m ; M_m – масса m -й детали; na – общее количество деталей; la_m^x, la_m^y, la_m^z – размеры параллелепипеда, описывающего m -ю деталь по осям X, Y, Z .

- информацию о типе и размерах оборудования:

$$Ct = \left\{ Ct_p = \left(la_p^x, la_p^y, la_p^z \right), p=1...NA \right\},$$

где Ct_p – вектор параметров станка с номером p ; NA – общее число станков в цехе; la_p^x, la_p^y, la_p^z – размеры параллелепипеда, описывающего p -й станок по осям X, Y, Z ;

- информацию о технологии изготовления каждого наименования деталей (в виде

последовательности технологических операций и соответствующих им единиц оборудования):

$$F = f_{4, xl} - \text{матрица связей, } l = L,$$

где f_{1l} – номер станка источника; f_{2l} – номер станка приемника; f_{3l} – тип транспорта (ручная тележка, рельсовая тележка, конвейер, краны и т.д.); f_{4l} – стоимость 1 м перемещения заготовки; L – общее число связей между аппаратами.

Выходные данные для задачи размещения (информационный сигнал С) содержат:

– габаритные размеры цеха:

$$S = (X_{\text{ц}}, Y_{\text{ц}}, Z_{\text{ц}}),$$

где $X_{\text{ц}}$ – длина цеха; $Y_{\text{ц}}$ – ширина цеха; $Z_{\text{ц}}$ – высота цеха;

– сведения о расположении механообрабатывающего оборудования и транспорта в цехе:

$$P = (x_{r_p}, y_{r_p}, z_{r_p}, \theta_p, x_t, y_t, z_t),$$

где $x_{r_p}, y_{r_p}, z_{r_p}$ – координаты расположения точки вставки механообрабатывающего оборудования по координатным осям; x_t, y_t, z_t – координаты расположения точки вставки транспорта по координатным осям; θ_p – выбранная ориентация станков в пространстве.

Информационно логическая модель процесса размещения механообрабатывающего оборудования. Вариант размещения механообрабатывающего оборудования в цехе зависит от ряда факторов, основными из которых являются: характеристики размещаемого оборудования (тип, назначение, длина, высота и ширина); сведения из технических паспортов о требованиях к установке станков (оборудования) в цехе; разнообразные ведомственные инструкции, правила по технике безопасности, ремонту и обслуживанию станков (оборудования), а также конструкционные и технологические ограничения, невыполнение которых может привести к проблемам по установке, ремонту или к неправильной работе.

Ограничение 1: Минимальное расстояние между проездами должно быть не менее допустимого. Тогда должно выполняться неравенство

$$(R_l) \leq [R_{l, \text{dop}}], \quad (1)$$

где (R_l) – расстояние между проездами; $[R_{l, \text{dop}}]$ – допустимое расстояние между технологическими линиями.

Ограничение 2: Минимальное расстояние между оборудованием должно быть не менее допустимого:

$$(R_{ct}) \leq [R_{ct, \text{dop}}], \quad (2)$$

где (R_{ct}) – расстояние между станками; $[R_{ct, \text{dop}}]$ – допустимое расстояние между станками.

Ограничение 3: на минимальное расстояние между оборудованием и строительными конструкциями:

$$(R_{kon_ct}) \leq [R_{kon_ct, \text{dop}}], \quad (3)$$

где (R_{kon_ct}) – расстояние между строительной конструкцией и станком; $[R_{kon_ct, \text{dop}}]$ – допустимое расстояние между станком и строительными конструкциями.

Ограничение 4: на не пересечение оборудования друг с другом:

$$\cup Ct_{p'} \cap \cup Ct_{p''} = \emptyset, \quad (4)$$

где $\forall p', p'' = 1 \dots NA$.

Ограничение 5: на не пересечение машиностроительного оборудования со строительными конструкциями:

$$\cup Ct_p \cap \cup KON_t = \emptyset, \quad (5)$$

где $\forall p = 1 \dots NA \quad t = 1 \dots KON$.

Критерий оптимальности. Для оценки различных вариантов размещения оборудования целесообразно использовать критерий приведенных затрат. Он включает в себя капитальные и эксплуатационные затраты:

$$S = E_n SK + SE,$$

где SK, SE – капитальные затраты и эксплуатационные затраты; E_n – нормативный коэффициент окупаемости капитальных вложений.

Данная задача относится к классу экстремальных комбинаторных задач дискретного программирования и определена на множестве перестановок размещаемого оборудования. Для решения задачи разработана информационная система, включающая следующие блоки:

1. Блок ввода данных: типов, размеров и массы деталей (заготовок), количества и размеров оборудования, технологических связей оборудования.
2. Блок генерации вариантов компоновки оборудования – определяет размеры производственного помещения и расположение оборудования в нем.
3. Блок проверки требований документальной базы – отбирает варианты компоновки оборудования соответствующие всем требованиям нормативных документов.
4. Подпрограмма вычисления критерия вычисляет значение критерия оценивающего компоновку оборудования.
5. Подпрограмма определения оптимального варианта компоновки оборудования, т.е. находит по значению критерия оптимальный вариант компоновки оборудования.
6. Подпрограмма визуализации компоновки оборудования предназначена для автоматизированного построения планов размещения оборудования в производственных помещениях и сопутствующих документов в соответствии с ЕСКД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев, Е.С. Проектирование механосборочных и вспомогательных цехов машиностроительных предприятий : учебное пособие / Е.С. Киселев. – Ульяновск : УлГТУ, 1999. – 118 с.

*Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*