

*Егоров С. Я., Попов Д. Н., Гусына Н. А.*

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ВЫБОРА ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ МНОГОЭТАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ**

*Работа выполнена под руководством к.т.н. Егорова С. Я.*

*ТГТУ, Кафедра «Автоматизированное проектирование  
технологического оборудования»*

**В статье разрабатывается постановка задачи выбора объемно-планировочного решения многоэтажного производственного здания. Эта задача возникает при проектировании нового производства. Её решение позволит выбрать оптимальный вариант строительной конструкции, и вследствие этого сократить расходы на строительство.**

**Словесно задачу выбора ОНР цеха можно сформулировать так:**

определить значения объемно-планировочных параметров типового (многоэтажного) производственного здания и его размеры, при которых затраты на строительную конструкцию и компоновку в ней (с соблюдением всех норм и правил) оборудования ХТС будут минимальны.

Для формализации задачи введем ряд допущений и обозначений:

1. Строительная конструкция монтируется из унифицированных строительных элементов и имеет в плане форму прямоугольника.
2. Величина шага сетки колонн постоянна и равна 6 метрам.
3. Число этажей не превышает 5.

**Исходные данные** для задачи выбора ОНР включают:

- совокупность параметров, описывающих информацию о аппаратах:

$$AP = \left\{ AP_p = \left( x_{a_p}, y_{a_p}, z_{a_p}, la_p^x, la_p^y, la_p^z, ma_p \right), p = 1 \dots NA \right\}, \text{ где}$$

$NA$  – общее число оборудования ХТС в цехе;  $x_{a_p}, y_{a_p}, z_{a_p}$  – координаты расположения оборудования в цехе;  $la_p^x, la_p^y, la_p^z$  – размеры параллелепипеда, описывающего  $p$ -ый аппарат по осям X, Y, Z;  
 $ma_p$  – вес аппарата;

- информацию о связях между оборудованием ХТС:

$F = f_{10 \times l}$  - матрица связей,  $l = L$ , где

$f_{1l}$  - номер аппарата источника;  $f_{2l}$  - номер аппарата приемника;

$f_{3l}$  - тип транспорта;  $f_{4l}$  - стоимость 1 м трубопровода;

$f_{5l} - f_{10l}$  - физико-химические свойства веществ транспортируемых по трубопроводам ( $p, t, \gamma, \rho, \mu, d, \Delta$ );  $L$  – общее число связей между аппаратами.

Выходные данные задачи выбора ОПР содержат сведения о следующих параметрах:

- габаритные размеры цеха:

$S = (X_{ц}, Y_{ц}, Z_{ц})$ , где

$X_{ц}$  - длина цеха;  $Y_{ц}$  - ширина цеха;  $Z_{ц}$  - высота цеха;

- основные объемно-планировочные параметры здания:

$h = (n_{\text{прол. н.эт.}}, n_{\text{прол. в.эт.}}, h_{\text{прол.}}, n_{\text{шагов}}, h_{\text{шага}}, h_{\text{н.эт.}}, n_{\text{эт.}}, h_{\text{ср.эт.}}, h_{\text{в.эт.}}, T_{\text{пер.}}, ПТ, МК)$ , где

$n_{\text{прол.}}$  - число пролетов;  $h_{\text{прол.}}$  - ширина одного пролета;

$n_{\text{шагов}}$  - число шагов;  $h_{\text{шага}}$  - ширина одного шага;  $n_{\text{эт.}}$  - число этажей;

$h_{\text{н.эт.}}$  - высота нижнего этажа;  $h_{\text{ср.эт.}}$  - высота средних этажей;

$h_{\text{в.эт.}}$  - высота верхнего этажа;  $T_{\text{пер.}}$  - тип перекрытия;  $ПТ$  и  $МК$  – признаки, показывающие наличие в цехе подвешенного транспорта.

$ПТ = 1$  - в цехе есть подвешенный транспорт;  $ПТ = 0$  – транспорта нет;

$МК = 1$  - в цехе есть мостовой кран;  $МК = 0$  – крана нет;

### **Информационно-логическая модель выбора объемно-планировочных решений цеха**

Ниже сформулированы ограничения, полученные на основе анализа СНиП [1], нормативной документации [2], а также опыт и рекомендации проектировщиков.

#### 1. Ограничения на размеры цеха.

Ограничение 1. На предельно допустимые размеры цеха:

$$X_{\min} \leq X_{ц} \leq X_{\max}; Y_{\min} \leq Y_{ц} \leq Y_{\max}; Z_{\min} \leq Z_{ц} \leq Z_{\max}; \quad (1)$$

Ограничение 2. На высоту цеха:

$$Z_{\min} \geq \max la_p^z, \quad p = 1, \dots, NA; \quad (2)$$

это условие показывает, что минимальная высота цеха не может быть меньше высоты самого высокого аппарата.

Ограничение 3. На высоту цеха с учетом транспорта веществ:

Пусть  $A^j = \{A_i^j \mid i = 1, 2, \dots, l_j\}$  подмножество аппаратов объединенных следующими правилами:

$$а) \forall A_i^j, A_{i+1}^j \in A^j \exists 0 \leq p \leq L \quad f_{1p} = A_i^j, f_{2p} = A_{i+1}^j \wedge f_{4p} = 1$$

$$б) \forall l (\overline{1, L}) \quad f_{4l} = 1 \quad f_{1l} \neq A_i^j \quad f_{2l} \neq A_1^j, \text{ тогда}$$

$$Z_{\min} \geq \sum_{i \in A^j} la_i^z \quad (3)$$

т.е. высоты цеха должно быть достаточно для реализации транспорта веществ самотеком, если это требуется по технологии.

Ограничение 4. Зависимость размеров цеха от основных объемно – планировочных параметров цеха:

$$X_u = n_{шагов} * h_{шага}; \quad Y_u = n_{прол.} * h_{прол.}; \quad Z_u = h_{ниж.эт.} + \sum_2^{n_{n-1}} h_{ср.эт.} + h_{в.эт.} \quad (4)$$

Ограничение 5. На размеры цеха:

Площадь этажа цеха должна быть достаточной для размещения на нем оборудования ХТС.

$$\sum_{p=1}^{NA} (la_p^x + 2\delta_p^x)(la_p^y + 2\delta_p^y) + 2\Delta x * Y_u + 2\Delta y * X_u + k\beta_x\beta_y \leq X_u Y_u n_{эт.} \quad (5)$$

$\delta_p^x, \delta_p^y$  - зоны обслуживания оборудования;  $\Delta x, \Delta y$  - расстояние от оборудования до стен цеха;  $\beta_x, \beta_y$  - размеры строительных колонн;  $k$  - количество колонн на этаже;

Ограничение 6. На объем цеха:

$$X_u Y_u Z_u \geq k' * \sum_{p=1}^{NA} V_p + \sum_{m=1}^M V_m, \text{ где} \quad (6)$$

$V_p$  - объем, занимаемый  $p$ -тым аппаратом с учетом зон обслуживания;

$V_m$  - объем  $m$ -того вспомогательного помещения;  $k'$  - коэффициент, учитывающий чередование проходов и аппаратов;

$k' = 1$  - без чередования проходов;  $5/3$  – с чередованием.

II. Ограничения на определяемые объемно – планировочные параметры строительной конструкции в многоэтажном цехе.

Ограничение 7. На количество этажей в цехе:

$$\begin{cases} 2 < n_{\text{эт.}} \leq 4 \text{ если } (n_{\text{прол.}} = 2) \wedge (h_{\text{шага}} = 6) \wedge (h_{\text{прол.}} = 6) \\ 2 < n_{\text{эт.}} \leq 5 \text{ если } n_{\text{прол.}} > 2 \end{cases} \quad (7)$$

Ограничение 8. На число пролетов в цехе:

$$(n_{\text{прол.}} = 2 \wedge h_{\text{прол.}} = 9) \vee (n_{\text{прол.}} = 3 \wedge h_{\text{прол.}} = 6) \text{ при } MK = 1 \quad (8)$$

Ограничение 9. На использование в цехе подвешенного транспорта или мостового крана:

$$\begin{cases} (h_{\text{в.эт.}} = 10,8) \wedge (h_{\text{прол.в.эт.}} = 18) \text{ при } MK = 1 \\ (h_{\text{в.эт.}} = 7,2) \wedge (h_{\text{прол.в.эт.}} = 18) \text{ при } ПТ = 1 \end{cases} \quad (9)$$

Ограничение 10. На высоты этажей:

$$h_{\text{н.эт.}} \in (3,6; 4,8; 6; 7,2); h_{\text{ср.эт.}} \in (3,6; 4,8; 6); h_{\text{в.эт.}} \in (3,6; 4,8; 6; 7,2; 10,8) \quad (10)$$

Ограничение 11. На тип перекрытия:

$$\begin{cases} T_{\text{пер.}} = 1 \text{ если } (h_{\text{шага}} = 6) \wedge (h_{\text{прол.}} = 9) \wedge (h_{\text{эт.}} = 3,6) \\ T_{\text{пер.}} = 2 \text{ если } MK = 1 \\ T_{\text{пер.}} \in (1,2) \text{ при } (h_{\text{шага}} = 6) \wedge (h_{\text{прол.}} = 6) \wedge MK = 0 \end{cases} \quad (11)$$

**Критерий оптимальности**

В качестве целевой функции задачи выбора ОПР приняты капитальные затраты на проектируемый объект:

$$I_{\text{стр.кон.}} = (C_{\text{фунд.}} + C_{\text{стен}} + C_{\text{карк.}} + C_{\text{пер.}} + C_{\text{полов}})BB / (1 - AB / 100), \text{ где}$$

$C_{\text{фунд.}}$  - стоимость фундамента;  $C_{\text{стен}}$  - стоимость стен;

$C_{\text{карк.}}$  - стоимость каркаса;  $C_{\text{пер.}}$  - стоимость перекрытий;

$C_{\text{полов}}$  - стоимость полов;  $AB$  - процент стоимости перегородок, ленточных фундаментов для перегородок, заполнения проемов, отделочных и прочих работ от стоимости строительной конструкции;  $BB$  - коэффициент, учитывающий нормы накладных расходов и плановых накоплений на строительные работы и работы по крупнопанельному жилищному строительству.

Представленная выше постановка задачи используется в разработанной на кафедре АПТО системе компоновки промышленных объектов [3].

#### **Список литературы**

1. СНиП 2.09.02.-85\* Производственные здания.
2. Внутренние санитарно-технические устройства, справочник проектировщика в трех частях. Часть 1. // М, Стройиздат, 1990.
3. Малыгин Е.Н., Егоров С.Я., Громов М.С. Информационная система компоновки оборудования проектируемых производств. // Информационные системы и процессы, 2006, №4.