

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СКЛАДСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ  
ГАУ МЕХАНООБРАБОТКИ

Описаны математические методы и алгоритмы расчета параметров автоматизированной складской подсистемы гибких автоматизированных участков (ГАУ) механообработки — емкости склада, емкостей локальных накопителей и размеров палеты, функционирующей на участке.

Создание гибких производственных систем (ГПС) является закономерным этапом развития комплексной механизации и автоматизации промышленного производства. ГПС состоит из подсистем и элементов, которые взаимодействуют друг с другом, придавая системе целостность, упорядоченность, четкую организацию. Такими подсистемами являются складская и транспортная подсистемы, подсистема автоматического управления и другие.

Особенностью складских подсистем ГПС является то, что в них грузы находятся в стационарном состоянии, и поэтому удобно вести учет их прибытия и отправления, количества изготовленных изделий за смену и за сутки. На основе этой информации можно осуществить планирование дальнейшего производства. То есть складские подсистемы позволяют четко планировать и подготавливать, организовывать весь технологический процесс в ГПС.

Из всех видов ГПС (ГПМ, ГАЛ, ГАУ, ГАЗ, ГАЦ) наибольшую сферу применения имеют гибкие автоматизированные участки (ГАУ), поэтому далее будут рассмотрены вопросы проектирования автоматизированной складской подсистемы ГАУ механообработки. Основными параметрами автоматизированной складской подсистемы ГАУ механообработки, определяемыми на этапе предпроектных исследований, является емкость склада, емкость локальных накопителей (или иначе пристаночных, промежуточных накопителей) и размеры палеты, функционирующей на участке. В данной статье рассмотрены математические методы и алгоритмы, позволяющие определить перечисленные параметры.

Существующие методы расчета емкости склада на этапе предпроектных исследований опираются в основном на теорию массового обслуживания [1, 2]. Так например, в работе [1] приведены два варианта расчета емкости склада. По первому варианту изделия, которые не могут быть размещены в локальных накопителях, помещаются на любое свободное место на складе. По второму варианту расчета ячейки склада закрепляются за группами оборудования. В качестве критерия оценки емкости склада используется вероятность работы склада без переполнения, эта вероятность задается. В работе [2] для определения емкости склада на участке рассчитывается среднее число заявок в системе. В соответствии с аналитическими методами, описанными в [1, 2], составлены алгоритмы и реализованы на ЭВМ. В результате сравнения этих методов выяснилось, что по точности расчетов они примерно одинаковы, а по скорости счета, емкости оперативной памяти и сложности программ предпочтение нужно отдать методу, предложенному Л.Ю.Лищинским [2]. Алгоритм, составленный в соответствии с этим методом, описан ниже:

1) рассчитывается средняя интенсивность поступления заявки на станок:

$$\lambda = \sum_{i=1}^K 1/T_i,$$

где  $K$  — число наименований деталей;  
 $T_i$  — ритм запуска деталей  $i$ -го типа;

2) определяется средняя трудоемкость обработки деталей на оборудовании  $j$ -го типа:

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{i=1}^K t_{ij}}{K},$$

где  $t_{ij}$  — трудоемкость обработки детали  $i$ -го типа на  $j$ -м оборудовании;

3) определяются интенсивность обслуживания заявки на единице оборудования  $j$ -го типа

$$\mu_j = 1/\bar{t}_j$$

и коэффициент использования, равный доле времени, в течение которого занято оборудование  $j$ -го типа:

$$\rho_j = \lambda / \mu_j;$$

4) среднее число заявок, поступающее на единицу оборудования  $j$ -го типа, определяется по формуле

$$N_j = \rho_j / (1 - \rho_j),$$

тогда среднее число заявок в системе

$$\bar{N} = \left( \sum_{j=1}^M N_j \right) / M,$$

где  $M$  - число типов оборудования на участке;

5) дисперсия числа заявок для оборудования  $j$ -го типа находится из соотношения

$$\sigma_j^2 = \rho_j / (1 - \rho_j)^2,$$

а дисперсия числа заявок в системе

$$\bar{\sigma}^2 = \left( \sum_{j=1}^M \sigma_j^2 \right) / M;$$

6) число готовых палет для одной смены определяется по формуле

$$D = t_s K_{uc} M / (R \bar{t}_g),$$

где  $t_s$  - длительность одной смены;

$K_{uc}$  - коэффициент использования оборудования;

$R$  - емкость локального накопителя;

$\bar{t}_g$  - среднее время обработки одной детали на участке,

$$\bar{t}_g = \left( \sum_{j=1}^M \bar{t}_j \right) / M;$$

7) величина емкости склада находится из соотношения

$$S = \bar{N} + 3 \sqrt{\bar{\sigma}^2} + 2D.$$

При определении емкости локальных накопителей ставится задача целочисленного программирования: найти значение параметра  $R$  из множества  $\{1, \dots, 6\}$ , обеспечивающее минимальное значение функции вида

$$F = C_1 K_{\pi} + C_2 K_{\pi p}.$$

Здесь  $R$  — емкость локального накопителя;

$K_{\pi}$  — коэффициент простоя основного технологического оборудования в ожидании обслуживания транспортным средством, где под простоем понимается отсутствие тары с заготовками в накопителе любого станка;

$K_{\pi p}$  — коэффициент простоя транспортного средства, характеризующий отсутствие тары с обработанными деталями в накопителях станков;

$C_1, C_2$  — весовые коэффициенты, задаваемые проектировщиком.

Согласно [3] коэффициенты  $K_{\pi}$  и  $K_{\pi p}$  можно определить, если количество основного технологического оборудования  $M > 2$  и интенсивность обслуживания  $\alpha < \frac{1}{M+1}$ , по приближенным формулам вида

$$K_{\pi} \approx 1 - \frac{1 - \sum_{i=1}^M \left( \frac{\alpha_i}{1 - \sum_{j=1}^M \alpha_j + \alpha_i} \right)^R}{1 - \sum_{i=1}^M \left( \frac{\alpha_i}{1 - \sum_{j=1}^M \alpha_j + \alpha_i} \right)^{R+1}},$$

$$K_{\pi p} \approx \frac{1 - \sum_{i=1}^M \alpha_i}{1 - \sum_{i=1}^M \left( \frac{\alpha_i}{1 - \sum_{j=1}^M \alpha_j + \alpha_i} \right)^{R+1}},$$

где  $\alpha_i = z_i / t_i$  — интенсивность обслуживания транспортным средством оборудования  $i$ -го типа;

$t_i$  — средняя трудоемкость обработки деталей на оборудовании  $i$ -го типа;

$z_i$  — среднее время обслуживания транспортным средством станка  $i$ -го типа.

Решение поставленной задачи состоит в следующем: для заданной модели транспортного средства перебираются значения  $\mathcal{R}$  из множества  $\{1, \dots, 6\}$  и рассчитывается величина критерия  $F$ . Сравнивая значения критерия для разных  $\mathcal{R}$ , получаем  $\mathcal{R}^*$ , которому соответствует минимальное значение критерия.

Для определения размеров палеты, функционирующей на участке, разработан алгоритм следующего вида:

1) рассчитываются площади, занимаемые партией запуска каждой детали, обрабатываемой на участке:

$$\bar{S}_i = S_i n_i, \quad i = \overline{1, K},$$

где  $n_i$  — размер партии запуска  $i$ -й детали;

$S_i$  — площадь, занимаемая  $i$ -й деталью;

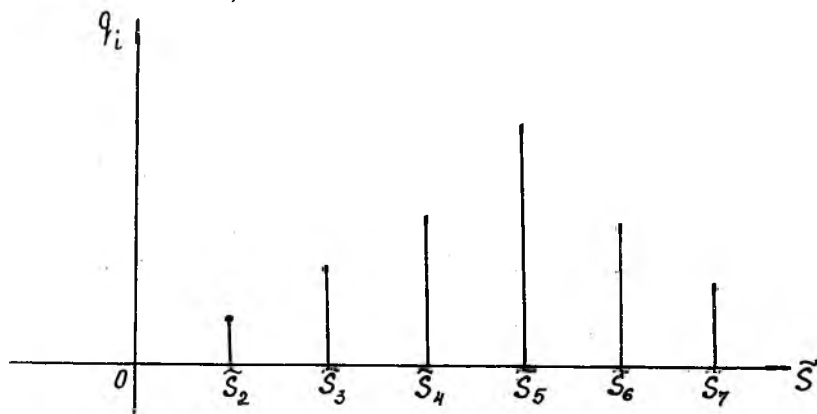
$K$  — число наименований деталей, обрабатываемых на участке;

2) найденные площади  $\bar{S}_i$  упорядочиваются по убыванию;

3) подсчитывается число типов деталей, площадь которых попадает в интервалы  $I_1, \dots, I_6$ , где

$$I_i = [\tilde{S}_i, \tilde{S}_{i+1}], \quad i = \overline{1, 6}, \quad \tilde{S}_1 = 0,$$

$\tilde{S}_1, \dots, \tilde{S}_7$  — нормальный ряд палет, расположенный в порядке возрастания;



Р и с. Гистограмма распределения числа типов деталей по интервалам  $I$

4) рисуется гистограмма (см. рисунок), где  $q_i$  — целые положительные числа, соответствующие числу типов деталей, площади партий запуска которых умещаются в интервале  $I_i$ ,  $i = \overline{1,6}$ ;

5) осуществляется переход в режим диалога с проектировщиком, который вводит значение допустимой площади палеты  $\tilde{S}_{don}$ . Рекомендуется в соответствии с гистограммой (рис.) с некоторой степенью риска  $\sigma$  принять допустимую площадь палеты из интервала

$$D = [\tilde{S}_{max}, \tilde{S}_{\sigma}];$$

6) проводится сравнение с  $\tilde{S}_{don}$  всех площадей  $\bar{S}_i$ .

Если  $S_i > S_{don}$ , то  $\bar{S}_i = S_i/2$  и  $n_{pi} = n_i/2$  до тех пор, пока  $\bar{S}_i \leq \tilde{S}_{don}$ . Здесь  $n_{pi}$  — размер транспортной партии  $i$ -й детали.

В соответствии с приведенными алгоритмами определения параметров автоматизированной складской подсистемы ГАУ механообработки разработаны программы на языке ФОРТРАН и реализованы на ЭВМ СМ-1420 в операционной системе ОС РВ.

#### Библиографический список

1. Организационно-технологическое проектирование ГПС /В.О.Азбель, А.Ю.Звоницкий, В.П.Каминский и др. Под общей ред. С.П.Митрофанова. Л.: Машиностроение, 1986. 294 с.
2. Лищинский Л.Б. Технико-экономический анализ и методы выбора рациональных структур гибких производственных систем. М.: ВНИИТЭМР, 1985.
3. Вильчевский Н.О. Математическое моделирование транспортно-складских систем ГПС //Вестник машиностроения. 1985. С. 42-51.
4. Маликов О.Б. Склады гибких автоматических производств. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. 187 с.
5. Сметхов А.А. Автоматизированные склады. 4-е изд., перераб. и доп. М.:Машиностроение, 1987. 296 с.