Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Методические указания к практическим работам по дисциплине
«Управление системами и процессами»
для студентов направления

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»,

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2024

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7.

1. Общие положения

В машиностроении и ряде других отраслей промышленности используют разнообразные механизированные поточные линии. Классификация поточных линий определяется рядом признаков, в соответствии с которыми можно выделить, например, однономенклатурные и многономенклатурные линии, синхронизированные линии с рабочим и распределительным конвейерами, линии с регламентированным и со свободным ритмами, с непрерывным и пульсирующим движениями конвейера и т. д. [9 – 11].

В рамках практического занятия № 7 решают вопросы организации и расчёта механизированных поточных линий с рабочим конвейером. Для выполнения расчёта следует определиться с параметрами (показателями), достаточно полно характеризующими данный тип поточных линий.

Такт выпуска продукции

$$T_т = F_с / П_с, \qquad (52)$$

где $F_с$ – суточный фонд времени работы линии, ч, мин; $П_с$ – суточное плановое задание, шт.

Программа запуска $П_{з.с}$ равна при отсутствии брака программе выпуска $П_{в.с}$.

Ритм выпуска продукции

$$T_р = П_с / F_с.$$

Такт линии с регламентированными перерывами

$$T_{т.р.п} = f \cdot (T_{см} – T_{пер}) \cdot (100 – a) / П_а \cdot 100, \qquad (53)$$

где f – число рабочих смен в сутки; $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; a – планируемые технологические потери (брак), % от $П_{з.с}$.

При наличии технологических потерь

$$T_{з.с} = 100 \cdot П_{в.с} / (100 – a). \qquad (54)$$

Такт линии без регламентированных перерывов

$$T_{т.б.п} = T_{см} \cdot f \cdot (100 – a) \cdot П_{в.с} \cdot 100, \qquad (55)$$

Расчётное число рабочих мест (единиц оборудования) для выполнения i-й операции

$$w_{iр} = t_{i\ iшт-к} / T_т , \qquad (56)$$

где $t_{i\ iшт-к}$ – норма времени на выполнение i-й операции (штучно-калькуляционное время).

Коэффициент загрузки оборудования на каждой операции

$$К_{з.оi} = 100 \cdot w_{iр} / w_{iф}, \qquad (57)$$

где $w_{iф}$ – фактически принятое число рабочих мест на i-й операции.

Число рабочих на i-й операции

$$R_i = w_{if} \cdot f / w_{iн.о}, \quad (58)$$

где $w_{iн.о}$ – норма обслуживания на i-й операции.

Общее число рабочих на линии

$$R_0 = (1 + b/100) \cdot \sum_{i=1}^{m} R_i, \quad (59)$$

где b – численность (в процентах) дополнительных рабочих на подмену основного состава в случае необходимости (b ≈ (2 – 3) %).

Далее для расчёта длительности производственного цикла изготовления детали или сборки изделия определяют параметры, характеризующие непосредственно рабочий конвейер.

Шаг конвейера ℓ_0 – это расстояние между осями двух смежных собираемых на конвейере изделий:

$$\ell_0 = \ell_{об} + \ell_{пр}, \quad (60)$$

где $\ell_{об}$ – габаритная длина объекта, м; $\ell_{пр}$ – промежуток между объектами на конвейере, (0,2 – 0,3) м.

Скорость движения конвейера

$$V_{кв} = \ell_0 / T_т. \quad (61)$$

Как правило, $V_{кв}$ = (0,3 – 2) м/мин.

Нормальная длина зоны каждой операции

$$\ell_{нi} = \ell_0 \cdot t_{i\ шт\text{-}к} / T_т = \ell_0 \cdot w_{iф}. \quad (62)$$

Резервная длина зоны i-й операции

$$\ell_{pi} = \ell_0 \cdot \Delta_i, \quad (63)$$

где Δ_i – число резервных делений, которое необходимо добавить к $\ell_{нi}$:

$$\Delta_i = (t_{i\,max} - t_{icc}) / T_т; \qquad t_{icc} = (t_{i\,max} + t_{i\,min}) / 2, \quad (64)$$

где $t_{i\ max}$, $t_{i\ min}$, $t_{i\ ср}$ – соответственно максимальная, минимальная и средняя продолжительность i-й операции.

Общая длина зоны i-й операции

$$\ell_i = \ell_{нi} + \ell_{pi} = \ell_0 (w_{icp} + \Delta_i). \quad (65)$$

Длина рабочей части конвейера

$$\ell_k = \ell_0 \left[\sum_{j=1}^{m} w_{jф} + \sum_{i=1}^{m_0} (w_{iф} + \Delta_i) \right], \quad (66)$$

где m, m_0 – соответственно количество операций со стабильной продолжительностью и с колебаниями её в пределах от $t_{i\ min}$ до $t_{i\ max}$; $w_{jф}$ – количество рабочих мест на j-й операции со стабильной продолжительностью.

Длительность производственного цикла изготовления на линии детали (изделия)

$$T_ц = \ell_к / V_{кв} = T_т \left[\sum_{j=1}^{m} w_{jф} + \sum_{i=1}^{m_0} \left(w_{iф} + \Delta_i \right) \right]. \quad (67)$$

Количество изготовленных объектов, находящихся одновременно на конвейере,

$$П_0 = T_ц / T_т. \quad (68)$$

2. Пример расчёта механизированной поточной линии с рабочим конвейером

Необходимо рассчитать такт линии, предназначенной для сборки блоков автомобильных двигателей с выпуском 350 шт. в смену. Шаг конвейера – 1,3 м. Регламентированные перерывы составляют 20 мин за смену, продолжительность которой – 8,2 ч; режим работы – двухсменный. Технологические потери – 1,4 % от сменной программы запуска. Продолжительность операций процесса сборки:

Номер операции	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Норма времени, мин	2,6	8,3	2,4	2,6	5,5	7,8	5,2	4,8	1,2

При выполнении десятой операции возможны отклонения фактических затрат времени от нормы в пределах (0,7 – 1,3) мин.

Порядок выполнения расчёта следующий.

Исходя из требуемой программы выпуска блоков автомобильных двигателей, определяют сменную программу запуска:

$$П_з = 100 \cdot П_в / (100 - a);$$

$$П_з = 100 \cdot 350 / (100 - 1{,}4) = 355 \text{ шт.}$$

Сменный действительный фонд времени работы линии $F_{см}$ находят исходя из продолжительности смены с учётом регламентированных перерывов для отдыха и профилактических мероприятий:

$$F_{см} = T_{см} - T_{пер};$$

$$F_{см} = 8{,}2 \cdot 60 - 20 = 472 \text{ мин.}$$

Такт линии по зависимости (52)

$$T_т = 472 / 355 = 1{,}33 \text{ мин.}$$

Так как по условию задачи шаг конвейера $\ell_0 = 1{,}3$ м, то скорость конвейера (см. зависимость (61))

$$V_{кв} = 1{,}3 / 1{,}33 = 0{,}98 \text{ м/мин.}$$

Затем по зависимости (56) рассчитывают количество рабочих мест, необходимых для сборки блока цилиндров автомобильного двигателя , принимают значение $w_{iф}$, определяют по зависимости (57) коэффициент загрузки рабочих мест $К_{з.о.}i$, а по зависимости (62) – длины зон операций $\ell_{нi}$ (62).

Результаты расчёта заносят в табл. 1.

1. Результаты расчета

№ операции	$t_{i\ шт-к.}$, мин	$w_{iр}$, шт.	$w_{iф}$, шт.	$К_{з.о.i}$, %	$\ell_{нi}$, м
5	2,6	1,95	2	98	2,6
10	8,3	6,24	6	104	7,8
15	2,4	1,80	2	90	2,6
20	2,6	1,95	2	98	2,6
25	5,5	4,14	4	104	5,2
30	7,8	5,86	6	98	7,8
35	5,2	3,91	4	98	5,2
40	4,8	3,61	4	90	5,2
45	1,2	0,90	1	90	1,3

Общее число рабочих мест на линии составит

$$w = \sum_{i=1}^{9} w_{i\,факт} = 31 шт.$$

Количество рабочих на линии при b = 3 % и $R_i = w_{i\,ф}$ по зависимости (59):

$$R_{см} = (1 + 3 / 100) = 31{,}93 \text{ чел.} \approx 32 \text{ чел.}$$

С учётом двухсменной работы на линии принимаем R_o = 64 чел.

Длина резервной зоны для десятой операции равна $\ell_{р10} = {}_0 \cdot \Delta_{10} \cdot (3 \cdot 12)$, где Δ_{10} – число резервных делений (шагов конвейера), добавляемых к нормальной зоне десятой операции, т.е. $\Delta_{10} = 1{,}3 / 1{,}33 = 0{,}98 \approx 1$.

Тогда длина линии рабочей зоны десятой операции $\ell_{10} = \ell_{и10} + \ell_{р10}$:

$$\ell_{10} = 1{,}3 \cdot 6 + 1{,}3 \cdot 1 = 9{,}1 \text{ м.}$$

Длительность цикла сборки блока цилиндров автомобильного двигателя по зависимости (67)

$$T_ц = T_т \cdot \sum_{i=1}^{9} w_{iф} + \ell_{р10} / V_{кв} = 1{,}33 \cdot 31 + 1{,}3 / 0{,}98 = 42{,}56 мин. = 0{,}71 ч.$$

Таким образом, такт линии $T_т$ = 1,33 мин.; число рабочих мест w = 31 шт.; цикл сборки блока цилиндров автомобильного двигателя $T_ц$ = 0,71 ч.

3. Задание к практическому занятию № 7

Задание: рассчитать такт линии, предназначенной для сборки изделий и длительность цикла сборки. Величины длительности операций и программы

выпуска изделий выбирают из табл. 2; остальные данные берут из примера параграфа 2.

Задание, согласно номеру варианта по табл. 13, выдаёт преподаватель.

2. Исходные данные для расчета сменной программы запуска

№ варианта	Продолжительность операции, мин.										Программа выпуска изделий $П_в$, шт.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	8,3*	2,6	2,6	2,4	5,5	4,8	7,8	1,2	2,2	6,3	200
2	1,2	3,4	6,6*	5,3	3,5	4,6	2,1	3,1	4,2	1,6	300
3	2,5	2,6	1,4	7,6*	5,4	6,2	3,1	1,7	2,0	2,8	220
4	5,6	6,4	2,1	1,2	1,3	2,2	6,4*	4,2	3,7	1,2	250
5	1,6	2,2	2,5	6,8	8,3*	5,4	4,2	2,6	2,6	1,3	370
6	2,0	5,6	7,4*	3,2	2,6	2,4	3,5	5,2	2,7	1,4	400
7	3,2	6,3*	3,4	1,3	1,8	2,2	3,5	5,1	4,1	2,7	350
8	1,4	2,6	8,2*	5,6	2,8	1,8	3,2	2,5	6,0	1,5	290
9	2,5	3,5	5,3	1,5	4,5	7,0*	7,1	1,8	5,5	3,0	320
10	1,9	2,8	3,7	4,6	2,5	8,5*	4,0	1,5	1,9	2,2	420
11	3,1	2,6	6,1*	7,0	5,5	1,8	1,5	3,7	4,1	2,1	330
12	5,0	6,2*	4,1	1,7	2,2	3,2	2,6	5,1	1,4	4,3	350
13	2,6	5,8	4,1	8,3*	2,4	2,6	5,5	7,8	5,2	4,8	400
14	1,2	3,7	4,8	5,2	7,8	5,5	2,6	2,4	8,3*	2,5	200
15	3,6	5,6	4,1	2,8	8,2*	2,6	1,4	1,8	3,2	2,5	270
16	1,4	2,6	5,6	7,4*	3,2	2,6	2,4	3,5	5,2	2,7	310
17	3,0	5,5	1,8	7,1	7,0*	4,5	5,6	3,5	2,5	2,0	330
18	9,1*	6,2	1,2	2,5	2,6	4,3	3,4	1,8	2,0	3,9	350
19	1,9	2,6	2,4	2,6	8,5*	5,2	4,1	1,8	2,9	3,3	370
20	4,1	2,8	7,9*	3,6	5,6	4,1	2,6	1,4	1,8	3,2	360
21	6,3	4,2	1,2	7,8*	4,6	5,5	2,4	2,6	2,5	3,4	340
22	3,7	9,6*	2,6	6,1	7,0	5,5	1,8	1,5	3,7	4,1	390
23	2,0	2,5	8,3*	2,4	3,2	7,4	2,6	2,6	3,7	1,2	380
24	6,0	2,3	8,9*	3,1	1,3	6,2	4,3	3,4	1,8	1,5	280
25	3,7	8,0*	1,9	2,3	3,2	4,6	5,1	3,7	4,1	6,0	300

* – Операции, при выполнении которых возможны отклонения до 10 % фактических затрат времени от нормы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вайрадян Л. С. Надёжность автоматизированных систем управления / Л. С. Вайрадян, Ю. Н. Федосеев; Под ред. Я. А. Хетагурова. Ч. 1, 2. – М.: МИФИ, 1974.

2. Вальков В. М. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / В. М. Вальков, В. Е. Вершин. – Л.: Политехника, 1991. – 269 с.

3. Трапезников В. А. Автоматическое управление и экономика // Автоматика и телемеханика. – 1966. № 1. – С. 5 – 22.

4. Алексеев Г. Н. Энергия и энтропия / Г. Н. Алексеев. – М.: Знание, 1988. – 192 с.

5. Смирнов С. В. Управление машиностроительным предприятием / С.В. Смирнов, С. Н. Ефимушкин, А. А. Колобов / Под ред. С. Г. Пуртова, С. В. Смирнова. – М.: Высшая школа, 1989. – 240 с.

6. Родионов Б. Н. Организация, планирование и управление машиностроительным производством: Учеб. пособие для студентов машиностроительных вузов / Б. Н. Родионов, Н. А. Соломатин, Л. Г. Осадчий / Под ред. Б. М. Родионова. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.

7. Советов Б. Я. Автоматизированное управление современным предприятием / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 168 с.

8. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием: Учебник в 2 ч. Ч. 1. Организация и управление машиностроительным предприятием / Под ред. В. А. Летенко, Б. М. Родионова. – М.: Высшая школа, 1979. – 296 с.

9. Худобин Л. В. Разработка технологических процессов сборки в курсовых и дипломных проектах: Учебное пособие / Л. В. Худобин, В. Ф. Гурьянихин, В. Р. Берзин. – Ульяновск: УлГТУ, 1995. – 80 с.

10. Гурьянихин В. Ф. Проектирование технологических процессов обработки заготовок в ГПС: Учебное пособие / Под ред. Л. В. Худобина. – Ульяновск: УлПИ, 1994. – 108 с.

11. Рязанов С. И. Технологические процессы отраслей. 4.3. Нормирование и организация технологических процессов: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технологические процессы отраслей» для студентов направления 521500 – Менеджмент / С. И. Рязанов, Ю. В. Псигин. – Ульяновск: УлГТУ, 1999. – 28 с.