МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

ОРГАНІЗАЦІЯ Й УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Навчальний посібник до практичних занять

Харків «ХАІ» 2019

УДК 658(076.5)
З-48

Колектив авторів:
А. В. Зеленков, В. М. Момот, Ю. Л. Прончаков, Н. І. Марченко

Рецензенти: канд. техн. наук О. Ф. Авраменко,
канд. техн. наук Ю. М. Плахов

Зеленков, А. В.
З-48 Організація й управління виробництвом [Текст] : навч. посіб. до практ. занять / А. В. Зеленков, В. М. Момот, Ю. Л. Прончаков, Н. І. Марченко. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019.– 72 с.

ISBN 978-966-662-687-8

Наведено методичний матеріал, розглянуто приклади розв'язання задач. Запропоновано вихідні дані для самостійного розв'язання задач за темами «Сіткові й лінійні графіки», «Нормування виробничих операцій», «Потокове виробництво».
Для студентів денної та заочної форм навчання, що вивчають курси «Організація виробництва» і «Організація й управління виробництвом».

Іл. 15. Табл. 78. Бібліогр.: 12 назв

УДК 658(076.5)

© Колектив авторів, 2019
© Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2019

ISBN 978-966-662-687-8

ВСТУП

Процес організації діяльності промислового підприємства передбачає проектування, побудову, забезпечення функціонування і вдосконалення виробничих систем.

При цьому організація виробництва може бути спрямована як на створення нової, так і на вдосконалення існуючої виробничої системи. У першому випадку мета організації виробництва – створення виробничої системи нового підприємства або будь-якого нового підрозділу на діючому підприємстві, у другому – поліпшення діючого підприємства, тобто реорганізація виробництва, або всього підприємства, або деяких його підрозділів.

Основною метою курсу «Організація й управління виробництвом» є навчання студентів основам організації та управління виробництвом на машинобудівних підприємствах і отримання спеціальних знань з вирішення організаційних і управлінських завдань на підприємствах авіаційної галузі.

Дисципліна є теоретичним курсом, що створює фундамент професійних знань у фахівців в області проектування, обслуговування, ремонту авіаційно-космічної техніки, управління підприємствами авіаційної галузі.

Методичні вказівки до практичних занять відповідають вимогам програми дисципліни «Організація й управління виробництвом» і призначені для підготовки студентів механічних факультетів університету. При розробленні посібника враховано особливості спеціальностей університету, для яких читаються лекції, забезпечено зв'язок курсу з іншими суміжними дисциплінами (економікою підприємства, маркетингом, менеджментом і т.д.).

Посібник містить методичні матеріали, приклади розв’язання задач і завдання для виконання розрахункових робіт з тем «Сіткові й лінійні графіки», «Нормування виробничих операцій».

1. НОРМУВАННЯ ПРАЦІ

1.1. Задачі на визначення нормативів

Задача № 1

Вивести рівняння нормативної лінії і побудувати нормативну таблицю залежності часу на операцію притуплення гострих країв вручну за допомогою напилка від довжини країв.

Вихідні дані наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Розрахункові дані для всіх варіантів

Довжина спилювання, мм	20	60	100	140	180	220	260	300	340	380	440
Час, хв	0,15	0,35	0,45	0,55	0,67	0,75	0,83	0,98	1,07	1,16	1,4

Варіант 1: серійне виробництво δ=10 %.

Варіант 2: дрібносерійне виробництво δ =15 %.

Задача № 2

Побудувати нормативну лінію залежності часу закріплення деталі в трикулачковому патроні від маси деталі, вивести формулу залежності. Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Розрахункові дані для всіх варіантів

Маса, кг	1	3,5	5	7,4	9	11,5	13	15,2	17	19
Час, хв	0,32	0,36	0,39	0,4	0,42	0,43	0,44	0,5	0,52	0,54

Варіант 1: масове виробництво δ = 5 %.

Варіант 2: серійне виробництво δ = 10 %.

Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ = 15 %.

Задача № 3

Побудувати нормативну лінію і вивести рівняння залежності оперативного часу (у) виконання операції розточування отвору на токарському верстаті залежно від діаметра Х, що розточується (при незмінній довжині розточування). Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Розрахункові дані для всіх варіантів

Діаметр, мм	42	61	93	120	150	185	200	220	240
Час, хв	0,115	0,13	0,145	0,152	0,168	0,188	0,192	0,207	0,212

Варіант 1: масове виробництво δ = 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ = 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ = 15 %.

Задача № 4

Побудувати нормативну лінію і вивести рівняння залежності часу набиття перфокарт від кількості символів (X). Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Розрахункові дані для всіх варіантів

Кількість сим-волів	10	20	35	46	50	60	72	80	90
Час, хв	0,48	0,6	0,72	0,93	1,02	1,18	1,41	1,47	1,62

Варіант 1: масове виробництво δ = 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ = 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ = 15 %.

Задача № 5

Побудувати нормативну лінію залежності часу переміщення деталі від відстані, вивести формулу залежності. Маса деталі – 5 кг. Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Розрахункові дані для всіх варіантів

Відстань, м	1,0	1,3	1,5	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1	3,4
Час, хв	0,12	0,16	0,22	0,24	0,24	0,24	0,28	0,28	0,32	0,32

Варіант 1: масове виробництво δ = 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ = 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ = 15 %.

Задача № 6

Побудувати нормативну лінію залежності часу на установлення і зняття деталі в тисках з ексцентриковим затиском без вивірення (деталь оброблена), вивести формулу залежності часу від маси деталі.

Вихідні дані наведено в табл. 1.6.

Таблиця 1.6

Розрахункові дані для всіх варіантів

Маса, кг	2,5	4,6	6	8,7	10	12	14,5	16	18,2	20
Час, хв	0,19	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,34	0,35	0,36	0,39

Варіант 1: масове виробництво δ = 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ = 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ = 15 %.

Задача № 7

Побудувати нормативну лінію і вивести рівняння залежності часу переміщення деталей (У) від маси деталей (Х) при незмінній довжині. Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.7.

Таблиця 1.7

Розрахункові дані для всіх варіантів

Маса, кг	2	3,5	8,6	11	14	17,5	20	23	26	29	32
Час, хв	0,2	0,25	0,26	0,28	0,30	0,31	0,32	0,34	0,35	0,37	0,38

Варіант 1: масове виробництво δ = 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ = 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ = 15 %.

Задача № 8

Побудувати нормативну лінію і вивести рівняння залежності часу переміщення деталі (У) від довжини переміщення (Х) при незмінній масі деталі. Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.8.

Таблиця 1.8

Розрахункові дані для всіх варіантів

Довжина, м	1,5	2	3.6	4	5,5	6	7	8,5	9	10
Час, хв	0,2	0,23	0,25	0,28	0,31	0,35	0,37	0,41	0,43	0,47

Варіант 1: масове виробництво δ = 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ = 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ = 15 %.

Задача № 9

Побудувати нормативну лінію залежності часу на установлення і зняття деталі від її маси. Вивести формулу залежності й побудувати макет нормативної таблиці. Деталь кріпиться на столі болтами з гайками, вивірення просте, деталь оброблена.

Вихідні дані наведено в табл. 1.9.

Таблиця 1.9

Розрахункові дані для всіх варіантів

Маса, кг	0,5	1,2	2,5	4	6,2	8	10	12,5	14	16	18	20
Час, хв	0,7	0,8	0,85	0,9	1,0	1,05	1,20	1,24	1,36	1,45	1,5	1,6

Варіант 1: серійне виробництво δ = 10 %.
Варіант 2: дрібносерійне виробництво δ = 15 %.

Задача № 10

Побудувати нормативну лінію залежності часу окреслення окружностей циркулем від їх діаметра, вивести формулу залежності. Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.10.

Таблиця 1.10

Розрахункові дані для всіх варіантів

Діаметр D, мм	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Час t, хв	0,29	0,31	0,4	0,15	0,7	0,89	0,91	0,94	1,02	1,35

Варіант 1: масове виробництво δ = 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ = 10 %.

Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ = 15 %.

Задача № 11

Побудувати нормативну лінію залежності часу на установлення і зняття деталі від її маси. Деталь кріпиться на столі двома болтами з гайками без вивірення. Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.11.

Таблиця 1.11

Розрахункові дані для всіх варіантів

Маса G, кг	0,5	1,5	2,5	6	8	11,5	13,5	15	18	20
Час t, хв	0,55	0,58	0,67	0,76	0,85	0,94	1,0	1,07	1,1	1,13

Варіант 1: масове виробництво δ= 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ=10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ=15 %.

Задача № 12

Побудувати нормативну лінію залежності часу на установлення і зняття деталі від її маси. Деталь кріпиться на столі двома болтами з гайками. Вивірення складне, деталь оброблена. Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.12.

Таблиця 1.12

Розрахункові дані для всіх варіантів

Маса G, кг	0,5	1,5	4	5,5	8	8,5	12	14	18	20
Час t хв	0,9	1,05	1,2	1,3	1,35	1,65	1,7	1,9	1,95	2,25

Варіант 1: масове виробництво δ= 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ= 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ= 15 %.

Задача № 13

Побудувати нормативну лінію і вивести рівняння залежності витрат часу Y на підведення і відведення каретки супорта токарського верстата залежно від відстані переміщення каретки X на основі даних хронометражних спостережень за роботою токаря. Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.13

Таблиця 1.13

Розрахункові дані для всіх варіантів

Відстань, мм	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Час Y, хв	0,03	0,04	0,065	0,085	0,10	0,14	0,16	0,19	0,205	0,235	0,255

Варіант 1: масове виробництво δ= 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ= 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ= 15 %.

Задача № 14

Побудувати нормативну лінію і вивести рівняння залежності часу В заповнення опоки формувальною сумішшю від об'єму напівформи X. Розробити нормативну таблицю. Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.14.

Таблиця 1.14

Розрахункові дані для всіх варіантів

Об'єм напівформи, $дм^3$	20	40	60	80	90	100	120	140	160	180	200
Час, хв	0,06	0,085	0,1	0,12	0,15	0,16	0,175	0,18	0,19	0,21	0,23

Варіант 1: масове виробництво δ= 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ= 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ= 15 %.

Задача № 15

Побудувати нормативну лінію і вивести рівняння залежності часу на зачищення звареного шва шліфувальною машинкою від довжини шва (шов виконано встик). Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.15.

Таблиця 1.15

Розрахункові дані для всіх варіантів

Довжина шва, мм	100	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
Час, хв	0,32	0,62	1,15	1,4	1,8	2,3	2,7	3,1	3,4	3,7

Варіант 1: масове виробництво δ= 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ= 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ= 15 %.

Задача № 16

Побудувати нормативну лінію і вивести рівняння залежності часу на зачищення звареного шва шліфувальною машинкою від довжини шва (шов виконано внапуск). Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.16.

Таблиця 1.16

Розрахункові дані для всіх варіантів

Довжина шва, мм	100	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Час, хв	0,16	0,29	0,53	0,65	0,89	0,99	1,25	1,44	1,58	1,72	1,88

Варіант 1: масове виробництво δ= 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ= 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ= 15 %.

Задача № 17

Побудувати нормативну лінію і вивести рівняння залежності часу зняття задирок напилком на криволінійній поверхні від довжини обробки. Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.17.

Таблиця 1.17

Розрахункові дані для всіх варіантів

Довжина обробки, мм	50	75	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900
Час, хв	0,11	0,13	0,15	0,17	0,21	0,25	0,27	0,3	0,33	0,37	0,42	0,43

Варіант 1: масове виробництво δ= 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ= 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ= 15 %.

Задача № 18

Побудувати нормативну лінію і вивести рівняння залежності часу зняття задирок на крайці отвору від кількості отворів на деталі (виконується свердлом вручну). Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.18.

Таблиця 1.18

Розрахункові дані для всіх варіантів

Кількість отворів	1	2	3	4	5	6	8	10	13	16	20
Час, хв	0,12	0,22	0,3	0,38	0,48	0,61	0,78	0,92	1,3	1,51	1,85

Варіант 1: масове виробництво δ=5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ=10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ=15 %.

Задача № 19

Побудувати нормативну лінію і вивести рівняння залежності часу зачищення поверхні шліфувальною шкуркою від площі поверхні (деталь плоска, матеріал – сталь). Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.19.

Таблиця 1.19

Розрахункові дані для всіх варіантів

Площа поверхні, $дм^2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
Час, хв	0,42	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	2,0	2,4	2,55	2,7

Варіант 1: масове виробництво δ= 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ= 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ= 15 %.

Задача № 20

Побудувати нормативну лінію і вивести рівняння залежності часу на притирання сталевих деталей на чавунній плиті від площі поверхні, що притирається. Побудувати макет нормативної таблиці.

Вихідні дані наведено в табл. 1.20.

Таблиця 1.20

Розрахункові дані для всіх варіантів

Площа притирання, $см^2$	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
Час, хв	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,4	3,9	4,1	4,5	5,0	5,3

Варіант 1: масове виробництво δ= 5 %.
Варіант 2: серійне виробництво δ= 10 %.
Варіант 3: дрібносерійне виробництво δ= 15 %.

1.2. Задачі для самостійної роботи

1.2.1. Визначення норм часу аналітично-розрахунковим методом

Задача № 1

Визначити норму часу для операції свердління в деталі **n** отворів діаметром **d** мм на глибину **l** мм. Операція виконується на одношпиндельному вертикально-свердлильному верстаті; пристосування – накладний кондуктор. Швидкість різання – $\mathbf{V_p}$ м/хв, подача – **S** м/об. Величина врізання і ходу свердла – ($\mathbf{l_1}$ + $\mathbf{l_2}$) мм.

Нормативи часу (у хвилинах) :

- установлення і зняття деталі – $\mathbf{t_д}$;
- установлення і зняття кондуктора – $\mathbf{t_к}$;
- час, пов'язаний з переходом, – $\mathbf{t_п}$;
- обслуговування робочого місця і відпочинок – 8% оперативного часу;
- підготовчо-заключні роботи – $\mathbf{t_{пз}}$.

Кількість деталей у партії – **N** шт.

Вихідні дані по варіантах наведено в табл. 1.21.

Таблиця 1.21

Розрахункові дані для всіх варіантів

Номер варіанта	N	n	d	l	V_p	S	l_1+l_2	$t_д$	$t_к$	$t_п$	$t_{пз}$
1	200	2	8	11	15	0,3	4	0,1	0,15	0,08	15
2	180	3	9	13	17	0,4	4	0,12	0,18	0,08	18
3	150	4	10	15	20	0,4	5	0,15	0,22	0,1	20
4	120	5	11	17	22	0,5	6	0,16	0,24	0,1	22
5	100	6	12	20	24	0,5	6	0,17	0,25	0,1	24
6	80	7	6	10	15	0,25	3	0,18	0,27	0,06	14
7	70	8	12	22	25	0,5	6	0,19	0,28	0,1	24
8	60	9	11	18	23	0,5	6	0,20	0,30	0,1	22
9	50	10	6	8	18	0,2	3	0,21	0,32	0,06	14
10	60	2	10	16	21	0,5	5	0,1	0,15	0,1	20
11	70	3	9	14	19	0,4	4	0,12	0,18	0,08	18
12	80	4	8	12	16	0,4	4	0,15	0,22	0,08	15
13	90	5	7	10	14	0,3	4	0,16	0,24	0,06	15
14	110	6	6	7	13	0,2	3	0,17	0,25	0,06	14
15	140	7	5	9	12	0,2	3	0,18	0,27	0,06	14

Задача № 2

Визначити норму часу для операції чорнового обточування сталевого вала діаметром d мм і довжиною l мм. Технологією передбачено такі режими різання: швидкість різання – V_p м/хв, подача – S мм/прохід. Величина врізання і ходу інструмента – (l_1 + l_2) мм. Оброблення ведеться в n проходів.

Нормативи часу (у хвилинах):

- установлення і зняття деталі – $t_{ус}$;
- підведення і відведення інструмента – $t_{п.в}$;
- контрольні виміри – $t_к$;
- обслуговування робочого місця і відпочинок – 8 % оперативного часу;
- підготовно-заключні роботи – $t_{пз}$.

Кількість деталей у партії – N шт.

Вихідні дані по варіантах наведено в табл. 1.22.

Таблиця 1.22

Розрахункові дані для всіх варіантів

Номер варіанта	d	l	S	V_p	l_1+l_2	n	$t_{ус}$	$t_{п.в}$	$t_к$	$t_{пз}$	N
1	30	100	50	0,5	3	1	0,3	0,06	0,09	9	50
2	40	120	52	0,6	3	2	0,31	0,06	0,1	10	60
3	50	140	54	0,7	3	3	0,32	0,07	0,11	11	70
4	60	160	56	0,8	4	1	0,34	0,07	0,12	12	80
5	70	180	58	0,9	4	2	0,36	0,07	0,13	13	90
6	80	200	60	1,0	4	3	0,37	0,08	0,14	14	110
7	90	220	59	1,1	5	1	0,39	0,08	0,15	15	100
8	100	250	57	1,2	5	2	0,42	0,11	0,16	16	120
9	120	300	55	1,3	5	3	0,45	0,15	0,17	21	140
10	40	150	53	0,4	3	1	0,33	0,08	0,09	14	160
11	60	180	51	0,5	3	2	0,35	0,09	0,12	18	180
12	80	210	50	0,6	4	3	0,38	0,10	0,14	19	200
13	100	240	52	0,7	4	1	0,42	0,11	0,15	20	250
14	90	310	54	0,8	5	2	0,41	0,16	0,14	24	200
15	70	240	56	0,9	5	3	0,4	0,12	0,13	17	150

Задача № 3

Розрахувати норму часу для операції фрезерування плити. Плита обробляється з двох боків на горизонтально-фрезерному верстаті, кріплення -– у тисках. Довжина плити – l мм, ширина – b мм, обробляється циліндричною фрезою діаметром D мм і шириною B мм, кількість зубів – Z. Подача на зуб – S_Z. Величина врізання і ходу інструмента – (l_1 + l_2) мм. Швидкість різання – V_p .

Нормативи часу:

- установлення і зняття деталі – $t_{ус}$;
- переустановлення деталі – $t_{пу}$;
- час, пов'язаний з переходом, – $t_{пер}$;
- обслуговування робочого місця і відпочинок – 7 % оперативного часу;
- підготовчо-заключні роботи – $t_{пз}$.

Кількість деталей у партії – N шт.

Вихідні дані по варіантах наведено в табл. 1.23.

Таблиця 1.23

Розрахункові дані для всіх варіантів

Номер варіанта	l	b	D	B	Z	S_Z	l_1+l_2	V_p	$t_{ус}$	$t_{пу}$	$t_{пер}$	$t_{пз}$	N
1	300	150	80	80	7	0,01	20	8	0,25	0,2	0,09	10	100
2	350	200	90	80	7	0,02	20	9	0,28	0,25	0,10	10	150
3	400	250	100	90	9	0,03	25	10	0,31	0,25	0,11	15	200
4	450	300	110	90	9	0,03	25	11	0,34	0,3	0,12	15	150
5	500	350	120	100	11	0,04	26	12	0,37	0,3	0,13	20	100
6	550	400	130	100	11	0,05	28	13	0,4	0,35	0,14	20	100
7	600	450	140	120	17	0,04	35	14	0,43	0,35	0,15	15	50
8	650	400	150	120	17	0,05	40	15	0,46	0,35	0,16	25	50
9	550	350	140	100	11	0,04	30	14	0,43	0,35	0,15	20	100
10	500	300	130	100	11	0,05	29	13	0,4	0,35	0,15	20	100
11	450	250	120	90	9	0,04	23	12	0,37	0,3	0,14	15	150
12	400	200	110	90	9	0,03	23	11	0,34	0,3	0,14	15	150
13	350	150	100	80	7	0,02	20	10	0,31	0,25	0,12	10	100
14	300	100	90	80	7	0,01	20	9	0,28	0,2	0,18	10	100
15	600	200	120	100	11	0,03	27	12	0,4	0,35	0,20	20	50

1.2.2. Визначення норм часу аналітично-дослідним методом

Задача № 1

Робітник протягом зміни (8 год) обробляє дві партії деталей однакової кількості. За даними хронометражу оперативний час для оброблення деталей становить t_1 і t_2 хв. За даними фотографії робочого дня час зміни (у хвилинах) у робітника розподілився таким чином:

- одержання і здача роботи, налагодження верстата – $t_{пз1}$ і $t_{пз2}$;
- змащування верстата, збирання стружки, одержання інструмента – 30 ;
- відпочинок і природні потреби – 20.

Інший час йде на оброблення деталей.

Визначити штучний і штучно-калькуляційний час, витрачений на кожну деталь. Вихідні дані по варіантах наведено в табл. 1.24.

Таблиця 1.24

Розрахункові дані для всіх варіантів

Номер варіанта	t_1	t_2	$t_{пз1}$	$t_{пз2}$
1	8,5	1,5	12	18
2	8,0	2,5	6	14
3	7,5	4,5	8	7
4	7,0	2,0	13	9
5	6,5	1,8	11	8
6	6,0	3,2	9	12
7	5,5	1,8	8	13
8	5,0	3,6	14	7
9	4,5	2,8	15	10
10	4,0	6,0	5	11

Задача № 2

Для деталі А шляхом хронометражних спостережень за операцією свердління встановлено оперативний час $t_{оп}$ хв. За даними фотографії робочого дня було отримано такий баланс робочого часу свердлувальника (у хвилинах):

- ознайомлення з роботою, налагодження устаткування – $t_{пз}$;
- оперативна робота (оброблення декількох партій деталей) – $T_{оп}$;
- складання, налагодження верстата – 20;
- відпочинок і природні потреби – 20;
- непродуктивні втрати часу – $t_{втр}$.

Визначити технічну норму штучного часу на операцію свердління деталі А. Вихідні дані по варіантах наведено в табл. 1.25.

Таблиця 1.25

Розрахункові дані для всіх варіантів

Номер варіанта	$t_{оп}$	$t_{пз}$	$T_{оп}$	$t_{втр}$
1	6	40	390	10
2	5,5	35	380	25
3	6,5	30	392	18
4	4,5	26	386	28
5	7	37	389	14
6	5,0	28	397	15
7	4,3	32	380	28
8	3,8	4.5	366	29
9	4,8	36	387	17
10	5,8	24	404	12

Задача № 3

Робітник протягом зміни (8 год) обробив NA штук деталей А і NБ штук деталей Б. Визначити штучний і штучно-калькуляційний час, витрачений на деталі при такому розподілі часу зміни (у хвилинах):

- ознайомлення з роботою, налагодження устаткування для виготовлення деталей – $t_{пза}$ і $t_{пзб}$;
- прийом і здача зміни, налагодження верстата, збирання стружки – 20;
- оброблення деталі А – T_A ;
- оброблення деталі Б – $T_Б$;
- відпочинок і природні потреби – 20;
- втрати часу – $T_{втр.}$.

Вихідні дані по варіантах наведено в табл. 1.26.

Таблиця 1.26

Розрахункові дані для всіх варіантів

Номер варіанта	NA	NБ	$t_{пза}$	$t_{пзб}$	T_A	$T_Б$	$t_{втр}$
1	80	240	12	18	160	240	10
2	90	230	6	14	175	230	15
3	100	220	18	7	180	220	20
4	110	190	13	12	200	190	25
5	120	180	11	14	205	280	30
6	130	170	9	16	210	170	35
7	140	160	8	17	215	160	40
8	150	150	14	11	130	150	35
9	160	140	15	10	245	140	30
10	170	130	6	19	260	130	25

Задача № 4

Робітник протягом зміни (8 год) обробив партії деталей А і Б. Оперативний час для їх оброблення було визначено шляхом проведення хронометражних спостережень $t_{опа}$ і $t_{опб}$ хв для кожної деталі.

За даними фотографії робочого дня час зміни (8 год) розподілився таким чином (у хвилинах):

- ознайомлення з роботою, налагодження устаткування на оброблення деталі А – $t_{пза}$, деталі Б – $t_{пзб}$;

- одержання і здача інструмента – 10 ;
- налагодження устаткування – 10 ;
- прибирання робочого місця – 10 ;
- відпочинок і природні потреби – 20 ;
- оброблення деталей А – $T_{опа}$;
- оброблення деталей Б – $T_{опб}$;
- виправлення дефектів – $t_{в.д}$;
- очікування заготовок – $t_{оз}$;
- сторонні розмови – $t_{с.р}$.

Установити норми штучно-калькуляційного часу для деталей А і Б.

Вихідні дані по варіантах наведено в табл. 1.27.

Таблиця 1.27

Розрахункові дані для всіх варіантів

Номер варіанта	$t_{пза}$	$t_{пзб}$	$t_{опа}$	$t_{опб}$	$T_{опа}$	$T_{опб}$	$t_{в.д}$	$t_{оз}$	$t_{с.р}$
1	10	20	3	2	150	220	5	15	10
2	12	18	4	2,09	160	209	6	14	11
3	11	19	4,5	3,76	180	188	7	13	12
4	13	17	1,7	3,94	170	197	8	12	13
5	14	16	7	4,52	140	226	9	11	14
6	16	14	2,6	2,7	130	235	10	10	15
7	17	13	2	5,4	150	216	11	9	14
8	11	19	2	3	160	207	12	8	13
9	12	18	4	3,8	140	228	13	7	12
10	15	15	2,5	3,25	165	205	14	6	10

1.2.3. Розрахунок норми часу і норми виробітку

Задача № 1

Розрахувати норму штучного часу $T_ш$, штучно-калькуляційний час $T_{ш-к}$ і норму виробітку за зміну $H_в$ в умовах серійного виробництва, якщо оперативний час $T_{оп}$, норма часу на відпочинок $T_{відп}$, у % від оперативного часу, а норма часу обслуговування робочого місця $T_{об}$, % час. Підготовчо-заключні роботи $T_{ПЗ}$, кількість деталей в партії к.

Вихідні дані по варіантах наведено в табл. 1.28.

Таблиця 1.28

Розрахункові дані для всіх варіантів

Номер варіанта	$T_{оп}$, хв	$T_{відп}$,%	$T_{об}$, %	$T_{ПЗ}$, хв	к, шт.
1	10	4	3	20	40
2	12	5	4	28	50
3	11	6	5	36	25
4	13	4	6	34	30
5	14	5	3	42	40
6	16	6	4	26	30
7	17	4	5	44	50
8	11	5	6	30	60
9	12	6	3	38	40
10	15	4	4	32	50

Задача № 2

Обчислити витрати машинного (основного) часу на зовнішнє обточування валика на токарному верстаті, якщо довжина оброблення L, довжина врізання і ходу інструмента l_1, кількість обертів n = 400 об / хв, подача на один оберт S = 0,3 мм. Обточування проводиться за два проходи, тобто i = 2.

Вихідні дані по варіантах наведено в табл. 1.29.

Таблиця 1.29

Розрахункові дані для всіх варіантів

Номер варіанта	L, м	l_1, мм	n, об/хв	S, мм/об	i
1	100	4	300	0,2	4
2	120	5	400	0,3	3
3	110	6	500	0,4	2
4	130	4	600	0,2	3
5	140	5	300	0,3	4
6	160	6	400	0,4	2
7	170	4	500	0,2	5
8	180	5	600	0,3	3
9	190	6	300	0,4	4
10	200	4	400	0,2	2

Задача № 3

Розрахувати норму штучного, штучно-калькуляційного часу і норму виробітку за зміну за такими даними: машинний час $T_м$, допоміжний час $T_д$, час обслуговування $T_{об}$, у % від оперативного часу, час на відпочинок $T_{відп}$,

у % від оперативного часу. Підготовчо-заключні роботи $Т_{пз}$. Кількість деталей в партії к.

Виробництво серійне.

Вихідні дані по варіантах наведено в табл. 1.30.

Таблиця 1.30

Розрахункові дані для всіх варіантів

Номер варіанта	$Т_м$, хв	$Т_д$, хв	$Т_{об}$, %	$Т_{відп}$, %	$Т_{ПЗ}$, хв	к, шт.
1	10	4	5	4	12	40
2	12	5	4	5	18	50
3	14	6	3	6	16	25
4	12	4	5	4	14	30
5	14	5	4	5	12	40
6	10	6	3	6	16	30
7	8	4	5	4	14	50
8	10	5	4	5	20	60
9	12	6	3	6	22	40
10	15	4	5	4	24	50

Задача № 4

За нормативами машинний час $Т_м$, допоміжний час $Т_{доп}$ на одну операцію. Визначити норму штучного часу і норму виробітку за 8-годинну зміну при масовому виробництві, якщо нормативи часу: на технічне обслуговування $К_{т.о}$, у% від машинного, на організаційне обслуговування $К_{о.о}$,у % від оперативного, на відпочинок і особисті потреби $К_{від.-п}$,у % від оперативного.

Вихідні дані по варіантах наведено в табл. 1.31.

Таблиця 1.31

Розрахункові дані для всіх варіантів

Номер варіанта	$Т_м$, хв	$Т_{доп}$, хв	$К_{т.о}$, %	$К_{о.о}$, %	$К_{від.-п}$, %
1	10,25	1,25	2	4	7
2	12,3	1,5	3	5	8
3	14,5	2,0	3,5	3	6
4	12,2	2,5	2	4	5
5	14,3	3,0	3	5	7
6	10,5	3,2	3,5	3	6
7	8,25	2,25	2	4	8
8	10,5	2,5	3	5	5
9	12,25	3,2	3,5	3	7
10	15,3	3,5	2	4	8

Задача № 5

Норма часу на один виріб становить $Н_ч$. Погодинна тарифна ставка при даній складності праці – $Т_{ст}$, грн. У місяці 23 робочі дні, тривалість зміни – 8 годин. За місяць виготовлено К виробів.

Визначити:

1) норму виробітку за місяць (шт.);

2) відрядну розцінку за виріб (грн);

3) суму відрядної зарплати в місяць, якщо за понаднормову роботу встановлено подвійні розцінки.

Вихідні дані по варіантах наведено в табл. 1.32.

Таблиця 1.32

Розрахункові дані для всіх варіантів

Номер варіанта	$Н_ч$, хв	$Т_{ст}$, грн	К, шт.
1	15	60	200
2	13	65	300
3	14	50	350
4	12	45	400
5	14	50	500
6	15	45	650
7	12	50	200
8	15	65	300
9	14	60	350
10	13	55	500

1.3. Приклади розв'язання задач

1.3.1. Розроблення нормативів праці

Розробити нормативну лінію залежності допоміжного часу на кріплення деталі в трикулачковому патроні від її маси. Виробництво серійне δ=10 %.

Вихідні дані за результатами хронометражних спостережень наведено в табл. 1.33.

Таблиця 1.33

Дані для рохрахунку

Маса, кг	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19
Час, хв	0,32	0,36	0,39	0,4	0,42	0,43	0,44	0,5	0,52	0,54

Нормативну залежність розраховуємо в такому порядку:

1. Визначаємо кількість n необхідних спостережень (вимірів) фактора, що впливає (у розглядуваному прикладі фактором Ф, що впливає, є маса деталі, тому що час установлення деталі в патрон залежить тільки від її маси):

$$n = \sqrt{\frac{\Phi_{\max}}{\Phi_{\min}}} + 3 = \sqrt{\frac{19}{1}} + 3 \approx 7.$$

2. Знаходимо інтервал вимірів Н між двома суміжними значеннями фактора Ф, що впливає, за формулою

$$H \frac{\Phi_{\max} - \Phi_{\min}}{n-1} = \frac{19-1}{7-1} = 3 \text{ кг}.$$

3. Обчислюємо конкретні значення фактора, що впливає, у кожному з інтервалів. У подальшому при виборі зі статистичних даних вони можуть бути узяті близькими до отриманих значень. Розрахунок ведеться за формулою

$$\Phi_i = \Phi_{\min} + H(i-1).$$

Звідси

$$\Phi_1 = 1 \text{ кг},$$
$$\Phi_2 = 1+3 = 4 \text{ кг},$$
$$\Phi_3 = 1+3\cdot 2 = 7 \text{ кг},$$
$$\Phi_4 = 1+3\cdot 3 = 10 \text{ кг},$$
$$\Phi_5 = 1+3\cdot 4 = 13 \text{ кг},$$
$$\Phi_6 = 1+3\cdot 5 = 16 \text{ кг},$$
$$\Phi_7 = 1+3\cdot 6 = 19 \text{ кг}.$$

Відповідно до розрахованих значень фактора, що впливає, підбираємо з наведеного масиву вихідних даних значення, які є найбільш близькими до величин, отриманих розрахунковим шляхом (тобто з 10 значень необхідно вибрати 7).

Отже, вихідні дані матимуть такий вигляд (табл. 1.34).

Таблиця 1.34

Вихідні дані

Маса, кг	1	3	7	9	13	17	19
Час, хв	0,32	0,36	0,4	0,42	0,44	0,52	0,54

4. Для визначення нормативної лінії (тобто залежності між фактором, що впливає, масою деталі та залежною змінною – часом виконання прийому) за допомогою графоаналітичного методу наносимо точки з координатами X,Y на графік з рівномірними шкалами, тому що досліджувана залежність має лінійний характер.

5. Знаходимо середнє арифметичне значення $X_{сер}$ для незалежної змінної (маса деталі) m і залежної змінной $Y_{сер}$ (час) і позначаємо на графіку точки з координатами $X_{сер}$, $Y_{сер}$:

$$X_{сер} = \frac{1+3+7+9+13+197}{7} = 9,86;$$

$$Y_{сер} = \frac{0,32+0,36+0,4+0,42+0,44+0,52+0,54}{7} = 0,43.$$

6. Визначаємо положення нормативної лінії на графіку. Для цього всі точки поділяємо на дві групи. До першої групи належать точки, які на графіку знаходяться праворуч від точки з координатами $X_{сер}$, $Y_{сер}$, до другої– точки, що знаходяться ліворуч. Для кожної групи точок знову визначаємо середні арифметичні значення $X'_{сер}$, $Y'_{сер}$ і $X''_{сер}$, $Y''_{сер}$ і показуємо їх положення на графіку:

$$X'_{сер} = \frac{13+17+19}{3} = 16,3;$$

$$Y'_{сер} = \frac{0,44+0,52+0,54}{3} = 0,5;$$

$$X''_{сер} = \frac{1+3+7+9}{4} = 5;$$

$$Y''_{сер} = \frac{0,32+0,36+0,4+0,44}{4} = 0,38.$$

Через три отримані точки проводимо пряму так, щоб відхилення цих точок від неї було мінімальним, – це і буде положенням нормативної лінії на графіку (рис. 1.1).

7. Для одержання нормативної залежності визначаємо тангенс кута нахилу нормативної лінії до додатного напрямку осі абсцис і величину вільного члена. Тангенс кута нахилу нормативної лінії tgα розраховуємо за формулою

$$tga = \frac{Y'_{сер} - Y''_{сер}}{X'_{сер} - X''_{сер}} = \frac{0,5-0,38}{16,3-5} = 0,0106.$$

Величина вільного члена в рівнянні нормативної залежності *y* визначається розміром відрізка відтину нормативною лінією на осі ординат. На графіку b = 0,32. Тоді нормальне рівняння шуканої нормативної залежності матиме видгляд

$$Y = 0,0160X + 0,32.$$

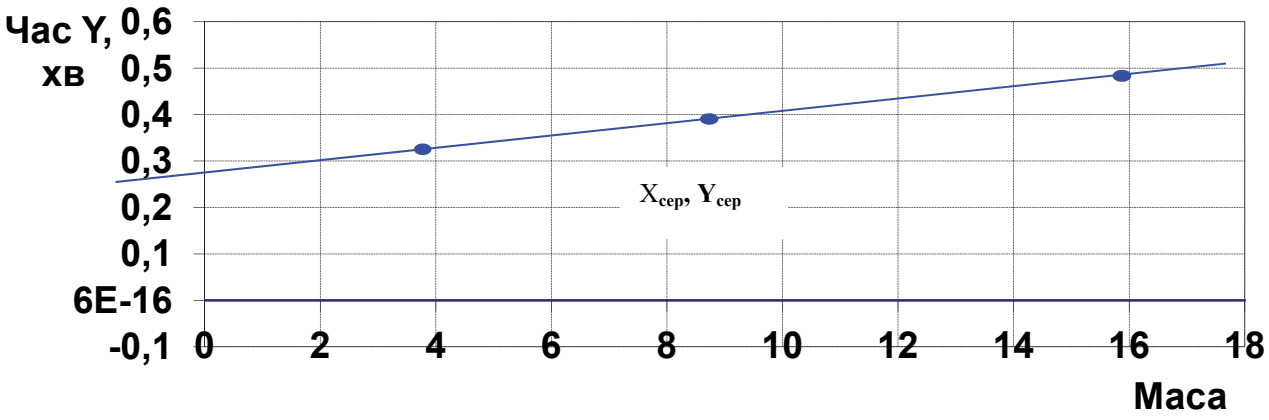

Рис. 1.1. Графік нормативної залежності часу на установлення деталі в патрон від її маси

8. Для перевірки правильності побудови нормативної лінії визначаємо алгебричну суму відстаней, мм, від фактичних точок 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 виміру XY до нормативної лінії:

-2+1+0,5+0,5-3+2+1 =0.

Результати перевірки наведено в табл. 1.35.

Таблиця 1.35

Перевірка правильності побудови нормативної лінії

№ п/п	X	Y	XY	X^2
1	1	0,32	0,32	1
2	3	0,36	1,08	9
3	7	0,4	2,8	49
4	9	0,42	3,78	81
5	13	0,44	5,72	169
6	17	0,52	8,84	289
7	19	0,54	10,26	361
Σ	69	3	32,8	959

Правильність знайденої нормативної залежності також перевіряємо, використовуючи метод найменших квадратів. Для визначення кутового коефіцієнта α і вільного члена b у рівнянні нормативної залежності складаємо допоміжну таблицю.

Підставивши результати обчислень у систему нормальних рівнянь

$$a\sum_{1}^{n} X^2 + b\sum_{1}^{n} X = \sum_{1}^{n} XY,$$

$$a\sum_{1}^{n} X + nb = \sum_{1}^{n} Y,$$

будемо мати

$$959a + 69b = 32,8, \quad 69a + 7b = 3.$$

Розв`язавши цю систему рівень відносно величин α і b, одержимо

$$b\frac{3-69a}{7} = 0,428 - 9,65a.$$

Підставивши отриманий вираз для b у перше рівняння, визначимо коефіцієнт α:

$$959a + 69\left(0,428 - 9,85a\right) = 32,8;$$

$$a\ \frac{3,1216}{279,4} = 0,011;$$

$$b = 0,428 - 9,85 \cdot 0,011 = 0,319.$$

Таким чином, рівняння нормативної залежності набуде такого вигляду:

$$Y = 0,011 + 0,319.$$

Порівнюючи це рівнянням з рівнянням, отриманим графічно, переконаємося в правильності побудови графіка.

9. Для розроблення макета нормативної таблиці поділимо діапазон зміни нормативної величини Д на інтервали $Д_i$, як показано на рис.1.2. Нехай необхідний ступінь точності нормативів δ=±10%. Тоді допустимий розмір відхилення нормативної величини в межах кожного інтервалу

$$v = \left(\frac{100+\delta}{100-\delta}\right)\cdot 100 = \left(\frac{100+10}{100-10}\right)\cdot 100 = 22,2\ \%.$$

Схему поділу діапазону нормативної величини на інтервали зображено на рис. 1.2.

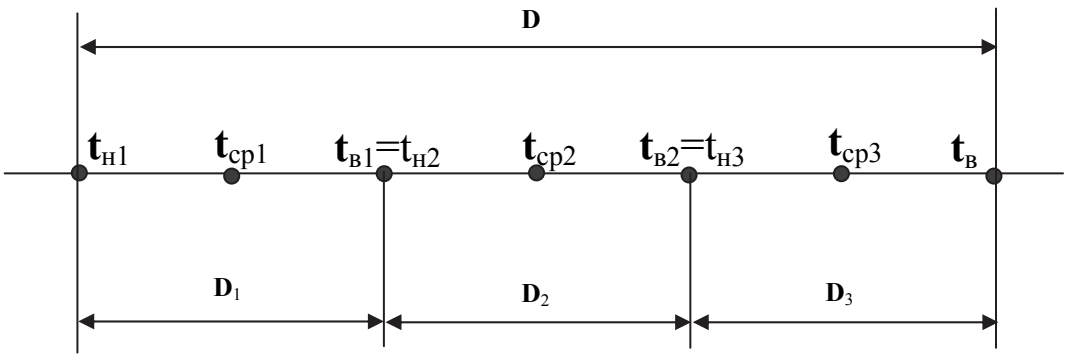

Рис. 1.2. Схема поділу діапазону нормативної величини на інтервали

Кількість інтервалів для нормативної величини обчислюємо за формулою

$$n \frac{1g\beta}{1g\left(\frac{100+v}{100}\right)},$$

Звідси

$$\beta = \frac{t_{max}}{t_{min}} = \frac{0,54}{0,32} = 1,687.$$

Отже,

$$n = \frac{1g1,687}{1g1,22} = \frac{0,227}{0,0871} = 2,6 \approx 3 \text{ інтервали.}$$

Верхні межі значень нормативної величини часу t для будь-якого інтервалу визначаємо за формулою геометричної прогресії:

$$t_{вi} = t_{min}\left(1 + \frac{v}{100}\right)^{i}.$$

Підставляючи значення t_{min} = 0,32 і v = 22,2 , отримаємо:

$$t_{в1} = 0,32\left(1+\frac{22,2}{100}\right) = 0,39\ ;\ t_{в2} = 0,32\left(1+\frac{22,2}{100}\right)^{2} = 0,476\ ;$$

$$t_{в3} = 0,32\left(1+\frac{22,2}{100}\right)^{3} = 0,58.$$

Нижні межі значень нормативної величини t для будь-якого інтервалу дорівнюють верхній межі значень нормативної величини в попередньому інтервалі (для першого інтервалу – мінімальному значенню нормативної величини t), тобто

$$t_{н1} = t_{min} = 0,32,\ t_{н2} = t_{В1} = 0,39,\ t_{н3} = t_{B2} = 0,476.$$

Визначимо нормативну величину часу t у кожному інтервалі як середнє арифметичне за формулою

$$t_{сер} = \frac{t_{нi} + t_{нi}}{2}.$$

Підставляючи граничні значення нормативної величини в кожному інтервалі, одержимо:

$$t_{сер2} = \frac{0,39+0,476}{2} = 0,433;\quad t_{сер3} = \frac{0,476+0,58}{2} = 0,528.$$

Знаючи граничні значення нормативної величини часу t у кожному інтервалі, можна з рівняння нормативної залежності знайти значення незалежної змінної в кожному інтервалі за формулою

$$x_i = \frac{y_i - 0,32}{0,106}.$$

Тоді

$$x_{н1} = \frac{0,32 - 0,32}{0,106} = 0,$$

$$x_{в1} = x_{н2} \frac{0,39 - 0,32}{0,0106} = 6,6,$$

$$x_{в2} = x_{н2} \frac{0,476 - 0,32}{0,0106} = 14,7,$$

$$x_{в3} = \frac{0,476 - 0,32}{0,0106} = 24,52.$$

Граничні значення незалежної змінної округляємо до цілих значень і складаємо макет нормативної таблиці залежності часу установлення деталі в трикулачковий патрон від її маси (табл. 1.36).

Таблиця 1.36

Макет нормативної таблиці залежності часу установлення деталі в трикулачковий патрон від її маси

Маса деталі, кг	0 – 7	7 – 15	15 – 24
Час, хв	0,35	0,43	0,53

1.3.2. Визначення норм часу аналітично-розрахунковим методом

Задача № 1

Проаналізувати склад технологічних елементів і визначити аналітично-розрахунковим методом норму часу операції свердління в деталі шести отворів діаметром 12 мм і глибиною 10 мм. Операція виконується на одношпиндельному вертикально-свердлильному верстаті:

- пристосування – накладний кондуктор:
- швидкість різання – 25 м/хв;
- подача – 0,2 мм/об,
- величина врізання і ходу свердла – 6 мм.

Нормативи часу:

- установлення і зняття деталі – 0,2 хв;
- установлення і зняття кондуктора – 0,3 хв;
- час, пов'язаний з переходом, – 0,1 хв;

– час обслуговування робочого місця і перерв на відпочинок і природні потреби – 8 % оперативного часу;

– підготовчо-заключні роботи – 20 хв.

Кількість деталей у партії – 200 шт.

Розв'язання

Операція складається із шести позицій і шести переходів. Визначаємо частоту обертання свердла:

$$n_{св} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 12} = 600 \frac{об}{хв}.$$

Розраховуємо основний час:

$$t_o = \frac{1 + 1_1 + 1_2}{S \cdot n_{св}} \cdot i = \frac{10 + 6}{0,2 \cdot 660} \cdot 6 = 0,73 \ хв.$$

Обчислюємо допоміжний час:

$$t_в = t_{у.з.д} + t_{у.з.к} + i \cdot t_{пер} = 0,2 + 0,3 + 6 \cdot 0,1 = 1,1 \ хв.$$

Розраховуємо штучну норму часу:

$$t_{шт} = \left(t_o + t_в\right) \cdot \left(1 + \frac{k_д}{100}\right) = \left(0,73 + 1,1\right) \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 1,97 \ хв.$$

Визначаємо штучно-калькуляційну норму часу:

$$t_{ш.-к} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} = 1,97 + \frac{20}{200} = 2,07 \ хв.$$

Задача № 2

Проаналізувати склад технологічних елементів і розрахувати штучний і штучно-калькуляційний час для операції зенкерування і розгортання отвору кронштейна. Оброблення ведеться на двошпиндельному вертикально-свердлильному верстаті, оснащеному обертовим столом із трьома одномісними пристроями.

Нормативи часу:

– зенкерування – 0,2 хв;

– розгортання – 0,18 хв;

– установлення і зняття деталі – 0,5 хв;

– підведення і відведення інструмента – 0,1 хв;

– повний оберт столу – 0,1 хв;

– вимірювання і таврування деталі – 0,4 хв;

– обслуговування робочого місця і відпочинок – 8 % оперативного часу;

– підготовчо-заключні роботи – 30 хв.

Кількість деталей у партії – 100 шт.

Розв'язання

Операція складається з одного установлення трьох і двох переходів. На першій позиції відбувається установлення і зняття деталі, на двох інших – здійснюються два переходи механічного оброблення: зенкерування і розгортання. Три елементи операції виконуються паралельно: зенкерування, розгортання, установлення і зняття. Зенкерування і розгортання перекривається елементом установлення і зняття, тому до норми часу не включаються. І ще одне: за повний оберт столу з нього знімаються три готові деталі. На основі сказаного вище оперативний час визначимо як

$$t_{оп} = t_{у.з.д} + t_{п.в.і} + \frac{t_{по}}{3} + t_{в.т.д} = 0,5 + 0,1 + \frac{0,1}{3} + 0,4 = 1,033 \ хв.$$

Розраховуємо штучну норму часу:

$$t_{шт} = t_{оп} \cdot \left(1 + \frac{k_д}{100}\right) = 1,033 \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 1,116 \ хв.$$

Обчислюємо штучно-калькуляційну норму часу:

$$t_{ш.-к} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} = 1,116 + \frac{30}{100} = 1,416 \ хв.$$

Задача № 3

Картка розміром 200 х 200 мм відрізається зі смуги 200 х 2000 мм на гільотинних ножицях. Кількість подвійних ходів за хвилину – 40. Визначити норму часу на виготовлення деталі й норму виробітку за годину.

Нормативи часу:

– піднесення смуги й установлення її до упора – 0,16 хв;

– просування смуги на крок – 0,01 хв;

– відкладання деталі – 0,02 хв;

– обслуговування робочого місця і відпочинок – 8 % оперативного часу;

– налагодження устаткування – 10 хв.

Кількість деталей у партії – 50 шт.

Розв'язання

Із заготівки-смуги можна виготовити 10 деталей:

$$n_д = \frac{1_п}{1_д} = \frac{2000}{200} = 10 \ дет.$$

Основний час визначається як

$$t_о = \frac{1}{n_{подв.ходів}} = \frac{1}{40} = 0,025 \ хв.$$

Оперативний час на деталь становитиме

$$t_{оп} = t_о + \frac{t_{п.-у}}{n_д} + t_{п.-ш} + t_{в.д} = 0,025 + \frac{0,16}{10} + 0,01 + 0,02 = 0,071\ хв.$$

Обчислимо штучну норму часу:

$$t_{шт} = t_{оп} \cdot \left(1 + \frac{k_д}{100}\right) = 0,071 \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 0,0767\ хв.$$

Розрахуємо штучно-калькуляційну норму часу:

$$t_{ш.-к} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} = 0,0767 + \frac{10}{50} = 0,2767\ хв.$$

Норма виробітку за годину

$$N_ч = \frac{60}{t_{ш.-к}} = \frac{60}{0,2767} = 216\ \frac{шт.}{год}$$

1.3.3. Визначення норм часу аналітично-дослідним методом

Задача № 1

Робітник протягом зміни (8 год) обробляє дві партії деталей однакової кількості. За даними хронометражу час оброблення деталей становить 10 і 2 хв. За даними фотографії робочого дня час зміни в робітника розподілився таким чином:

- одержання і здача роботи, налагодження верстата – 30 хв (два налагодження по 15 хв);
- змащування верстата, збирання стружки, одержання інструмента – 30 хв;
- відпочинок і природні потреби – 20 хв.

Інший час йде на оброблення деталей. Визначити штучний і штучно-калькуляційний час, необхідний для оброблення кожної деталі.

Розв'язання

1. За даними фотографії робочого дня знайдемо величину оперативного часу:

$$T_{оп} = T_{зм} - T_{оз} - T_{об} - T_{во} = 480 - 30 - 30 - 20 = 400\ хв.$$

2. Розрахуємо норми часу на обслуговування робочого місця і відпочинок робітника:

$$k_{ом} = \frac{T_{об}}{T_{еп}} \cdot 100 = \frac{30}{400} \cdot 100 = 7,5\ \%;\quad k_{відп} = \frac{T_{об}}{T_{еп}} \cdot 100 = \frac{20}{400} \cdot 100 = 5\ \%.$$

3. Визначимо кількість деталей у партії:

$$n_1 = n_2 = \frac{T_{оп}}{t^1_{об} + t^2_{об}} = \frac{400}{10+2} = 33\ шт.$$

4. Обчислимо штучну норму часу:

$$t^1_{шт} = t^1_{шт} \cdot \left(1 + \frac{k_{об} + k_{відп}}{100}\right) = 10 \cdot \left(1 + \frac{7,5+5}{100}\right) = 11,25\ хв;$$

$$t^2_{шт} = t^2_{шт} \cdot \left(1 + \frac{k_{об} + k_{відп}}{100}\right) = 2 \cdot \left(1 + \frac{7,5+5}{100}\right) = 2,25\ хв.$$

5. Визначимо штучно-калькуляційну норму часу:

$$t^1_{ш.-к} = t^1_{шт} + \frac{t^1_{пз}}{n_1} = 11,25\frac{15}{33} = 11,7\ хв;$$

$$t^2_{ш.-к} = t^2_{шт} + \frac{t^2_{пз}}{n_2} = 2,25\frac{15}{33} = 2,7\ хв.$$

Відповідь: $t^1_{шт} = 11,25\,хв$; $t^2_{шт} = 2,25\ хв$; $t^1_{ш.-к} = 11,7\ хв$; $t^2_{ш.-к} = 2,7\ хв$.

Задача № 2

Робітник протягом зміни (8 год) обробив 100 шт. деталей А і 200 шт. деталей Б. Визначити штучний і штучно-калькуляційний час для деталей при такому розподілі часу зміни:

– ознайомлення з роботою, налагодження устаткування (складність налагоджень є однаковою) – 30 хв;

– прийом і здача зміни, налагодження верстата, збирання стружки – 20 хв;

– оброблення деталей А – 300 хв;

– оброблення деталей Б – 100 хв;

– відпочинок і природні потреби – 20 хв;

– втрати часу – 10 хв.

Розв'язання

Складемо проектний баланс витрат робочого часу:

– оперативний час – 410 хв;

– підготовчо-заключні роботи – 30 хв;

– обслуговування робочого місця – 20 хв;

– відпочинок і природні потреби – 20 хв.

Визначимо норми витрат часу на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби:

$$k_{обс} = \frac{T_{об}^{пр}}{T_{оп}^{пр}} \cdot 100 = \frac{20}{410} \cdot 100 = 4,88\ \%;$$

$$k_{відп} = \frac{T_{об}^{пр}}{T_{оп}^{пр}} \cdot 100 = \frac{20}{410} \cdot 100 = 4,88\ \%.$$

Розрахуємо оперативний час на оброблення деталей

$$t_{оп}^{А} = \frac{T_{оп}^{А}}{n_А} = \frac{300}{100} = 3\ хв;\ t_{оп}^{Б} = \frac{T_{оп}^{Б}}{n_Б} = \frac{100}{200} = 0,5\ хв.$$

Обчислимо штучну норму часу на оброблення деталей:

$$t_{шт}^{А} = t_{оп}^{А} \cdot \left(1 + \frac{k_{обс} + k_{відп}}{100}\right) = 3 \cdot \left(1 + \frac{4,88 + 4,88}{100}\right) = 3,29\ хв;$$

$$t_{шт}^{Б} = t_{оп}^{Б} \cdot \left(1 + \frac{k_{обс} + k_{відп}}{100}\right) = 0,5 \cdot \left(1 + \frac{4,88 + 4,88}{100}\right) = 0,55\ хв.$$

Визначимо штучно-калькуляційну норму часу на оброблення деталей:

$$t_{ш.-к}^{А} = t_{шт}^{А} + \frac{t_{пз}^{А}}{n_А} = 3,29 + \frac{15}{100} = 3,44\ хв;$$

$$t_{ш.-к}^{Б} = t_{шт}^{Б} + \frac{t_{пз}^{Б}}{n_Б} = 0,55 + \frac{15}{200} = 0,625\ хв.$$

1.3.4. Розрахунок норми часу і норми виробітку

Задача № 1

Розрахувати розмір норми штучного ($Т_{шт}$) і штучно-калькуляційного ($Т_{ш.-к}$) часу і норму виробітку ($Н_в$) в умовах серійного типу виробництва, якщо оперативний час – 12 хв, норматив часу на відпочинок – 4 % від оперативного часу, а норматив часу на обслуговування робочого часу – 6 %, підготовчо-заключні роботи – 20 хв, кількість деталей у партії – 40 шт.

Розв'язання

Норма штучного часу розраховується за формулою

$$Т_{шт} = Т_{оп} \cdot (1 + К : 100),$$

де $T_{оп}$ – оперативний час;

К – норматив часу на відпочинок, особисті потреби й обслуговування робочого місця.

Підставивши у формулу числові значення, отримаємо

$$T_{шт} = 12 \cdot (1 + 10 : 100) = 13,2\ хв.$$

Норма штучно-калькуляційного часу розраховується за формулою

$$T_{ш.-к} = T_{шт} + T_{пз} : n,$$

де $T_{ПЗ}$ – час на підготовчо-заключну роботу;

n – кількість деталей у партії.

Тоді

$$T_{ш.-к} = 13{,}2 + 20 : 40 = 13{,}7 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за 8-годинну зміну становить (480 хв):

$$H_в = 480 : 13{,}7 = 35 \text{ шт.}$$

Таким чином, норма штучного часу – 13,2 хв, норма штучно-калькуляційного часу – 13,7 хв, норма виробітку – 35 виробів за зміну.

Задача № 2

Визначити норму часу на виготовлення виробу А і норму виробітку за зміну. За 8-годинну зміну виготовлено 22 вироби, а норму виробітку виконано на 110 %.

Розв'язання

Норма виробітку являє собою встановлений обсяг роботи (кількість одиниць продукції), яку один або група працівників (зокрема, бригада) відповідної кваліфікації зобов'язані виконати (виготовити, перевезти і т. д.) за одиницю робочого часу в певних організаційно-технічних і природно-кліматичних умовах. Вимірюється в натуральних одиницях і є величиною, обернено пропорційною до норми часу.

Норма виробітку в цьому випадку розраховується виходячи з того, що фактично виготовлено 22 вироби, а норму виробітку перевиконано на 10 %, тобто, як сказано в умові задачі, виконано на 110 %.

Отже, норма виробітку за зміну становить

$$H_{вир} = 22 : 1{,}10 = 20 \text{виробів.}$$

Норма часу – регламентована величина витрат робочого часу, встановлена для виготовлення одиниці продукції, виконання конкретної роботи (її частини) одним або групою працівників (бригадою) відповідної кваліфікації в певних організаційно-технічних і природно-кліматичних умовах.

Норма часу на виготовлення виробу А розраховується виходячи з того, що протягом зміни тривалістю 8 годин за нормою має бути виготовлено 20 виробів.

Отже, норма часу на виготовлення виробу А становить

$$H_{вр} = 8 \cdot 60 : 20 = 24 \text{ хв.}$$

Висновок: норма часу на виготовлення виробу А – 24 хв, а норма виробітку за зміну – 20 виробів.

2. УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ У ЧАСІ

2.1. Приклад розв'язання задачі

Процес виготовлення партії виробів у кількості 9 шт. складається з трьох операцій, тривалість яких ($t_{шт.к.i}$) і кількість робочих місць (Сі) на кожній з них наведено в табл. 2.1.

Розмір передатної партії – 3 шт.

Таблиця 2.1

Дані для рохрахунку

Параметр	Операція № 1	Операція № 2	Операція № 3
$t_{шт.к.i}$, хв	2	6	2
c_i	2	2	1

Виконати аналітичні розрахунки тривалості технологічного циклу (у хвилинах) і побудувати графіки руху партій предметів праці для послідовного, послідовно-паралельного й паралельного видів руху.

Розв'язання

Тривалість кожної операції знаходимо за формулою (табл. 2.2)

$$t_i = \frac{t_{шт.к.i}}{c_i}.$$

Таблиця 2.2

Дані для розрахунку

Параметер	Операція № 1	Операція № 2	Операція № 3
t_i, хв	1	3	2

Тривалість технологічного циклу визначаємо для послідовного виду руху таким чином:

$$T_{посл.техн} = n\sum_{i=1}^{m} t_i = 9(1+3+2)=54 \text{ хв.}$$

Графічне розв'язання задачі ілюструє рис. 2.1.

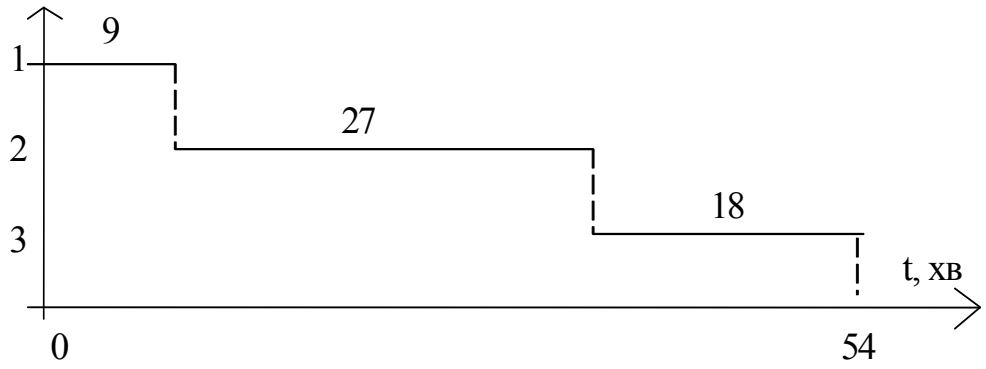

Рис. 2.1. Послідовний вид руху

Тривалість технологічного циклу обчислюємо для послідовно-парелельного руху за формулою

$$T_{п.п.техн} = T_{посл.техн} - \sum_{i=1}^{m-1} \tau_i = T_{посл.техн} - (n-p)\sum_{i=1}^{m-1} t_{корі};$$

$$T_{п.п.техн} = 54 - (9-3)(1+2) = 36 \quad хв.$$

Графічне розв’язання задачі ілюструє рис. 2.2.

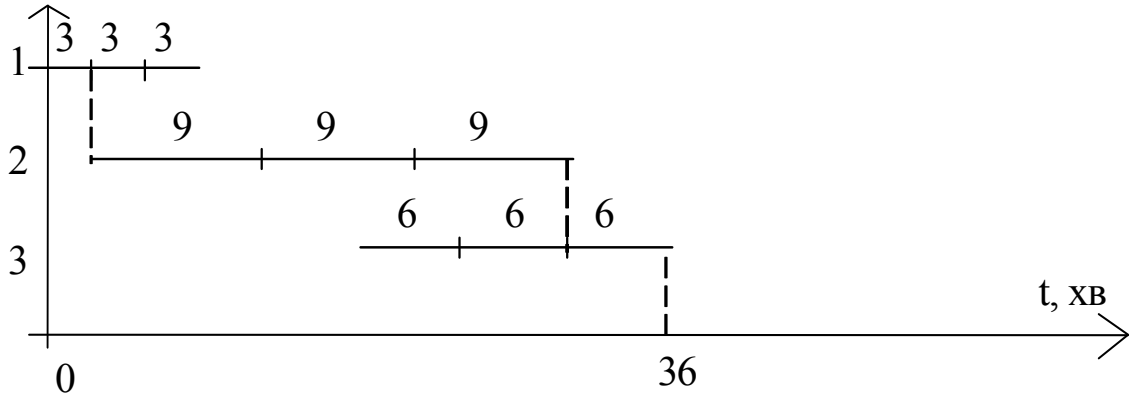

Рис. 2.2. Послідовно-паралельний вид руху

Паралельний вид руху

Тривалість технологічного циклу обчислюємо за формулою

$$T_{пар.техн} = p\sum_{i=1}^{m} t_i + (n-p)t_{гл},$$

$$T_{пар.техн} = 3(1+2+3) + (9-3)3 = 36 \ хв.$$

Графік руху партій зображено на рис. 2.3.

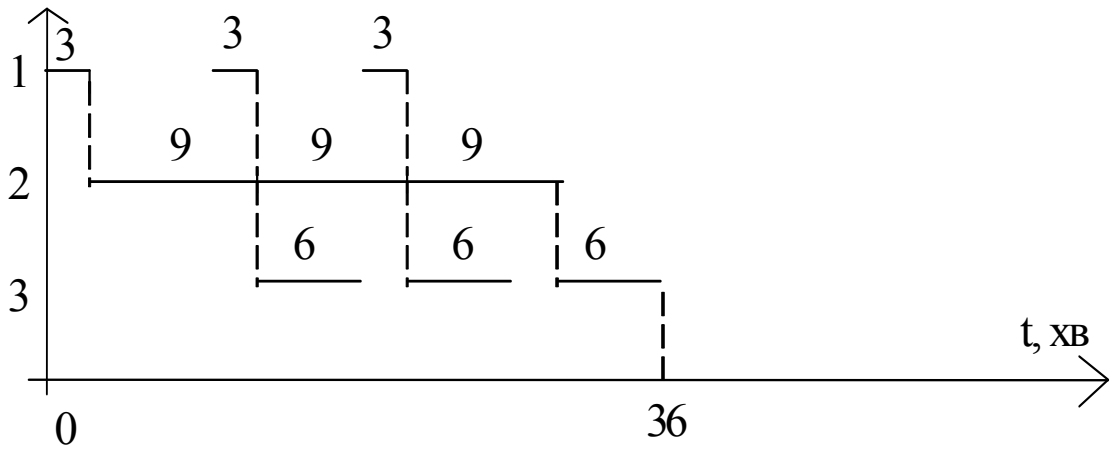

Рис. 2.3. Паралельний вид руху

2.2. Задачі для самостійної роботи

Задача № 1

Процес виготовлення партії виробів у кількості 9 шт. складається з трьох операцій, тривалість яких ($t_{шт.к.i}$) і кількість робочих місць (c_i) на кожній з них наведено в табл. 2.3. Розмір передатної партії – 3 шт.

Таблиця 2.3

Дані для рохрахунку

Номер операції	1	2	3
$t_{шт.к.i}$, хв	4	4	6
c_i	1	2	2

Виконати аналітичні розрахунки тривалості технологічного циклу (у хвилинах) і побудувати графіки руху партій предметів праці для послідовного, послідовно-паралельного й паралельного видів руху.

Задача № 2

Процес виготовлення партії виробів у кількості 32 шт. складається з п'яти операцій, тривалість яких ($t_{шт.к.i}$) і кількість робочих місць (c_i) на кожній з них подано в табл. 2.4. Розмір передатної партії – 8 шт.

Таблиця 2.4

Дані для рохрахунку

Номер операції	1	2	3	4	5
$t_{шт.к.i}$, хв	1	3	4	6	4
c_i	1	1	2	4	2

Виконати аналітичні розрахунки тривалості технологічного циклу (у хвилинах) і побудувати графіки руху партій предметів праці для послідовного, послідовно-паралельного й паралельного видів руху.

Задача № 3

Процес виготовлення партії виробів у кількості 25 шт. складається з п'яти операцій, тривалість яких ($t_{шт.к.i}$) і кількість робочих місць (c_i) на кожній з них наведено в табл. 2.5. Розмір передатної партії – 5 шт.

Таблиця 2.5

Дані для рохрахунку

Номер операції	1	2	3	4	5
$t_{шт.к.i}$, хв	1	3	4	12	3
c_i	1	1	2	4	2

Виконати аналітичні розрахунки тривалості технологічного циклу (у хвилинах) і побудувати графіки руху партій предметів праці для послідовного, послідовно-паралельного й паралельного видів руху.

Задача № 4

Процес виготовлення партії виробів у кількості 30 шт. складається з п'яти операцій, тривалість яких ($t_{шт.к.i}$) і кількість робочих місць (c_i) на кожній з них наведено в табл. 2.6. Розмір передатної партії – 5 шт.

Таблиця 2.6

Дані для рохрахунку

Номер операції	1	2	3	4	5
$t_{шт.к.i}$, хв	8	1	6	9	4
c_i	2	1	2	3	2

Виконати аналітичні розрахунки тривалості технологічного циклу (у хвилинах) і побудувати графіки руху партій предметів праці для послідовного, послідовно-паралельного й паралельного видів руху.

Задача № 5

Процес виготовлення партії виробів у кількості 24 шт. складається з п'яти операцій, тривалість яких ($t_{шт.к.i}$) і кількість робочих місць (c_i) на кожній з них наведено в табл. 2.7. Розмір передатної партії – 4 шт.

Таблиця 2.7

Дані для рохрахунку

Номер операції	1	2	3	4	5
$t_{шт.к.i}$, хв	6	1	2	9	6
c_i	2	1	2	3	2

Виконати аналітичні розрахунки тривалості технологічного циклу (у хвилинах) і побудувати графіки руху партій предметів праці для послідовного, послідовно-паралельного й паралельного видів руху.

2.3. Завдання для виконання розрахункової роботи

Процес виготовлення партії виробів у кількості 32 шт. складається з п'яти операцій, тривалість яких ($t_{шт.к.i}$) і кількість робочих місць (c_i) на кожній з них наведено в табл. 2.8. Розмір передатної партії – 8 шт. На передавання партії з операції на операцію витрачається ($t_{мо}$) 1 хв, на виконання транспортних операцій – 2 хв, на виконання контрольних операцій – 0,2 хв на кожну транспортну партію.

Відповідно до варіанта необхідно:

- побудувати графіки руху партій та аналітично розрахувати тривалість технологічного циклу у хвилинах для послідовного, послідовно-паралельного й паралельного видів руху предметів праці;
- визначити тривалість виробничого циклу для всіх видів руху;
- дослідити вплив розміру передавальної партії на тривалість технологічного й виробничого циклів для послідовного, послідовно-паралельного та паралельного видів руху предметів праці.

Таблиця 2.8

Дані для рохрахунку

Номер варіанта	Параметр	Операція № 1	Операція № 2	Операція № 3	Операція № 4	Операція № 5
1	$t_{шт.к.i}$, хв	2	3	2	4	4
	c_i	2	2	1	2	3
2	$t_{шт.к.i}$, хв	3	4	1	2,5	1
	c_i	2	2	1	2	2
3	$t_{шт.к.i}$, хв	4	7	6	5	4
	c_i	2	2	3	2	2
4	$t_{шт.к.i}$, хв	3,6	2,8	3	3	3,5
	c_i	1	2	1	2	1

Продовження табл. 2.8

Номер варіанта	Параметр	Операція № 1	Операція № 2	Операція № 3	Операція № 4	Операція № 5
5	$t_{шт.к.i}$, хв	2,5	3,6	2	4,6	2
	c_i	2	2	1	2	2
6	$t_{шт.к.i}$, хв	12	3,2	2	8	1
	c_i	3	2	1	3	1
7	$t_{шт.к.i}$, хв	20	6,4	3	3,6	6
	c_i	4	3	2	2	4
8	$t_{шт.к.i}$, хв	6,5	4,1	2,6	3	4
	c_i	2	2	1	2	1
9	$t_{шт.к.i}$, хв	2	3	2	4	3
	c_i	2	2	1	2	2
10	$t_{шт.к.i}$, хв	2	3	2	4	2
	c_i	2	2	1	2	1
11	$t_{шт.к.i}$, хв	14	12	8	3	4
	c_i	2	3	2	1	2,2
12	$t_{шт.к.i}$, хв	2,4	4,2	2,6	1,4	3
	c_i	2	2	1	2	1
13	$t_{шт.к.i}$, хв	1,2	3,3	2,4	3,2	2
	c_i	1	3	1	2	1
14	$t_{шт.к.i}$, хв	2,5	3,2	2,3	4,6	5
	c_i	2	2	1	2	2
15	$t_{шт.к.i}$, хв	2	3	4	1,5	3
	c_i	1	2	1	1	4
16	$t_{шт.к.i}$, хв	4	5	3	2	2
	c_i	2	2	2	1	1
17	$t_{шт.к.i}$, хв	3	8	2	2	8
	c_i	1	4	1	1	2
18	$t_{шткi}$, хв	2	4	3,4	2,2	2,6
	c_i	1	2	2	2	1

Закінчення табл. 2.8

Номер варіанта	Параметр	Операція № 1	Операція № 2	Операція № 3	Операція № 4	Операція № 5
19	$t_{шткі}$, хв	5	2	4	8	2,4
	c_i	2	1	2	2	1
20	$t_{шткі}$, хв	2,6	3,5	2,4	4,4	2,3
	c_i	2	2	1	2	1
21	$t_{шткі}$, хв	7	5	2	3	4
	c_i	2	1	1	2	2
22	$t_{шткі}$, хв	2	3,7	2	4	3,6
	c_i	2	1	1	2	1
23	$t_{шткі}$, хв	12	3	2,6	3	2,5
	c_i	3	2	1	1	2
24	$t_{шткі}$, хв	3,4	4	5	1	12
	c_i	1	2	2	1	3
25	$t_{шткі}$, хв	10	4	2	2,4	20
	c_i	3	2	1	1	4
26	$t_{шткі}$, хв	5	4	6	2	2
	c_i	1	2	2	1	12
27	$t_{шткі}$, хв	5	4	6	2	3
	c_i	1	2	2	1	3,4
28	$t_{шткі}$, хв	5	4	6	2	1
	c_i	1	2	2	1	10
29	$t_{шткі}$, хв	5	4	6	2	3
	c_i	1	2	2	1	3
30	$t_{шткі}$, хв	5	4	6	2	5
	c_i	1	2	2	1	3

3. ПОТОКОВЕ ВИРОБНИЦТВО

3.1. Приклади розв'язання задач

Задача № 1 (однономенклатурна потокова лінія)

Технологічний процес виробництва продукції складається з трьох операцій, які мають таку трудомісткість: t_1 = 0,7 хв; t_2 = 1 хв; t_3 = 1,7 хв. Відповідно виробнича програма – 1300 штук за зміну. Тривалість зміни – 8 годин, перерва – 40 хв у зміну. Вироби з операцію на операцію передаються поштучно. Крок конвеєра – 0,55 м. Радіус приводного і натяжного барабанів – 0,2 м.Визначити такт і ритм лінії, кількість і коефіцієнт завантаження робочих місць, швидкість руху конвеєра, довжину робочої частини конвеєра, повну довжину стрічки конвеєра. Розробити систему адресації комірок конвеєра. Обчислити загальний запас і величину незавершеного виробництва.

Розв'язання

Розрахуємо програму запуску (втрати від браку за умовою задачі немає):

$$N_{зj} = 1300 \ штук.$$

Дійсний фонд часу, за який виконується програма запуску, становить

$$F_д = 8 \cdot 60 - 40 = 440 \ хв.$$

Такт потокової лінії – проміжок часу між випуском двох готових виробів або партій готових виробів, які йдуть один за одним (періодичність випуску):

$$T = \frac{F_д}{N_З} = 440/1300 = 0{,}34 \text{ хв /шт.}$$

Ритм потокової лінії – це величина, обернена до такту, яка дорівнює кількості виробів, виготовлених на лінії за одиницю часу:

$$R = \frac{1}{T} = \frac{N_З}{F_д} = 2{,}95 \ шт. / хв.$$

Кількість робочих місць (розрахункову) визначаємо за формулою

$$C_{pi} = \frac{t_i}{T}.$$

Прийняту кількість робочих місць $C_{прi}$ отримуємо округленням розрахункового значення до цілого числа. Коефіцієнт завантаження робочих місць обчислюємо за формулою (табл. 3.1)

$$K_{зi} = \frac{C_{pi}}{C_{пр.i}}.$$

Таблиця 3.1

Розрахункові дані

Номер операції	t	C_{pi}	C_{npi}	$K_{зi}$
1	0,7	2,06	2	1,03
2	1	2,94	3	0,98
3	2	5,88	6	0,98
Усього		10,88	11	0,99

Швидкість руху конвеєра

$$v = \frac{i}{\text{T}} = 0{,}55 : 0{,}34 = 1{,}6 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочої частини конвеєра

$$L_p = l\sum_{i=1}^{m} C_{npi} = lC_л = 0{,}55 \cdot 11 = 6{,}05 \text{ м.}$$

Мінімальну довжину замкнутої стрічки конвеєра розраховуємо за формулою

$$L_п = 2L_p + 2\pi R = 2 \cdot 6{,}05 + 2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}2 = 13{,}36 \text{ м.}$$

Розрахунок параметрів стрічки і адресація комірок

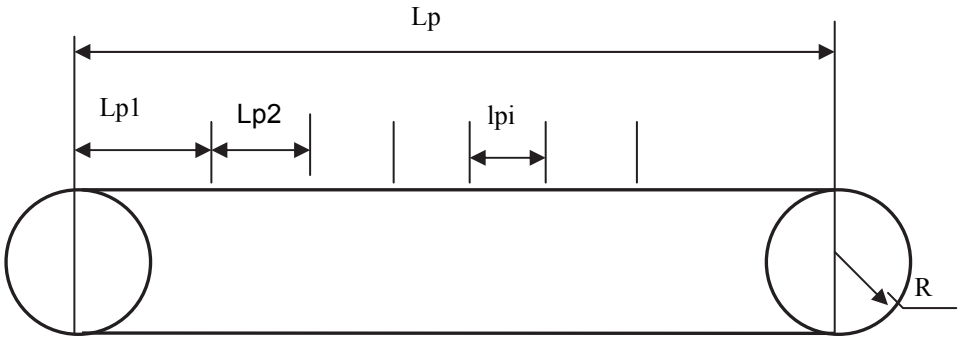

Рис. 3.1. Параметри потокової лінії

На розподільних конвеєрах з примусовим ритмом часто виникає необхідність в адресації комірок. У цьому випадку стрічку розмічають, тобто поділяють на комірки, довжина яких дорівнює кроку конвеєра. Комірки нумерують цифрами або маркують іншим способом. Кожен робітник бере, обробляє і повертає на конвеєр вироби тільки з ділянок стрічки конвеєра, закріплених за його робочим місцем. Період розподільного конвеєра

П=НОК(C_{npi}), i=1…m, НОК(2,3,6)=6.

Стрічка конвеєра має бути поділена на періоди, що становлять ціле число. Її довжину можна визначити за формулою

$$L_n = lПК = 0{,}55 \cdot 6 \cdot 5 = 16{,}5 \text{ м;}$$

$$L_п \geq 2L_р + 2\pi R = 13,36\ м.$$

Розмітимо стрічки конвеєра і закріпимо номери (або інші розмічальні знаки) за робочими місцями. У межах операції знаки розподіляються в однаковій кількості. Кількість номерів одного періоду П. Результат подано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Розрахункові дані

Номер операції	Кількість робочих місць на операції $C_{прі}$	Кількість знаків, закріплених за робочим місцем, $П/C_{прі}$	Номери робочих місць	Номери, закріплені за робочими місцями
1	2	3	1	1.3.5
			2	2.4.6
2	3	2	3	1.4
			4	2.5
			5	3.6
3	6	1	6	1
			7	2
			8	3
			9	4
			10	5
			11	6

Розрахуємо запас:

- технологічний

$$Z_{тех} = PC_л = 11\ шт.;$$

- транспортний

$$Z_{тр} = P\left(C_л - 1\right) = 11 - 1 = 10\ шт.$$

Страхового (резервного) запасу $Z_{рез}$, необхідного для безперебійної роботи лінії в період ремонту частини обладнання лінії, немає.

Загальна величина запасу потокової лінії

$$Z_{заг} = Z_{тех} + Z_{тр} + Z_{рез} = 11 + 10 + 0 = 21\ шт.$$

Задача № 2 (багатономенклатурна потокова лінія)

Складання виробів А, Б, В виконується на одній багатопредметній безперервно-потоковій лінії. Тривалість зміни – 8 годин (без перерви). Кількість робочих днів на місяць – 22. Режим роботи однозмінний.

Вироби з операції на операцію передаються поштучно. Допустимі витрати часу на переналагодження лінії при зміні партій (підготовчо-

заключні роботи) становлять $а_н$ = 2 %. Час на переналагодження лінії при зміні партій $t_Н$ = 30 хв. На робочих місцях залишають запас кожного виробу при переході до випуску іншого виробу. Крок конвеєра l = 0,55 м. Місячна програма запуску виробів N_{3j}: А – 5000 шт., Б – 4500 шт., В – 2500 шт. Час виконання операцій наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Розрахункові дані

Показник	Вироби		
	А	Б	В
Трудомісткість всіх операцій, що виконуються на потоковій лінії, T_{uj}, хв	6	5,6	4,9

Визначити такт, ритм, кількість робочих місць і швидкість конвеєра лінії, а також розмір виробничої партії.

Розв'язання

Дійсний фонд часу, за який виконується програма запуску, становить

$$F_д = 22 \cdot 8 \cdot 60 = 10560 \ хв.$$

На потоковій лінії буде працювати постійна кількість робітників. Для кожного виробу буде розраховано окремий такт і швидкість руху конвеєра, що йому відповідає: $T = \text{var}$, $C_л = const$, $V = \text{var}$. Кількість робочих місць (розрахункова) визначається за формулою

$$C_л = \frac{\sum_{j=1}^{s} N_{зj} Т_{иj}}{F_д\left(1 - \frac{а_н}{100}\right)} = (5000 \cdot 6 + 4500 \cdot 5{,}6 + 2500 \cdot 4{,}9) : \left(10560 \cdot (1 - 0{,}02)\right) =$$

$$= 67450 : 10349 = 6{,}5.$$

Прийнята кількість робочих місць на лінії $C_{пр} = 7$.

Такт, ритм і швидкість конвеєра для кожного виробу обчислюються за формулами, наведеними в (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Розрахункові дані

Параметр лінії	Формула для розрахунку	Вироби		
		А	Б	В
Окремий такт	$T_j = \frac{T_{ij}}{C_j}$ (хв)	0,86	0,8	0,7

Закінчення табл. 3.4

Параметр лінії	Формула для розрахунку	Вироби		
		А	Б	В
Ритм	$R = \frac{1}{T}\left(шт./хв\right)$	1,16	1,25	1,43
Швидкість руху конвеєра	$V_j = \frac{l}{T_j}\left(м/хв\right)$	0,63	0,69	0,79

Величину виробничої партії розрахуємо за формулою

$$n_j = \frac{\left(100 - a_н\right)П_{рj}}{a_н T_j},$$

де $П_{рj}$ – середня тривалість простою одного робочого місця при переході від виготовлення партії одного виробу до виготовлення партії іншого виробу, тобто тривалість підготовчо-заключних робіт.

Величина $a_н$ визначається шляхом аналізу роботи подібних виробництв на даному підприємстві.

За завданням на робочих місцях залишають запас кожного виробу. У цьому випадку

$$П_{рj} = t_н = 30 \ хв.$$

Якщо величину виробничої партії, отриману за формулою, взяти більшою або такою, що дорівнює n_j, то відсоток втрат часу на переналагодження лінії буде відповідно менше або дорівнюватиме $a_н$. Узяте значення розміру виробничої партії має бути більше або дорівнювати розрахунковому значенню, при цьому програма запуску повинна складатися з виробничих партій, кількість яких дорівнює цілому числу (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Розрахункові дані

Показник	Вироби		
	А	Б	В
$n_j = \frac{\left(100 - a_н\right)П_{рj}}{a_н T_j}$	1709	1838	2100
Кількість партій = $\frac{N_{3j}}{n_j}$ (округляємо в менший бік)	2	2	1
n_j узяте	2500	2250	2500

Задача № 3 (багатономенклатурна потокова лінія)

Розрахувати параметри багатопредментної безперервно-потокової лінії, оснащеної розподільним конвеєром, для складання виробів п'яти найменувань (А, Б, В, Г, Д). Процес складання полягає в установлені на друкувальну плату резисторів, конденсаторів і мікросхем. Нормативи часу на виконання технологічно неподільних елементів операцій: установлення резистора $(t_{шт.R})$ – 0,3 хв, конденсатора $(t_{шт.C})$ – 0,35 хв, мікросхеми $(t_{шт.M})$ – 0,54 хв. Час зняття виробу зі стрічки конвеєра і повернення виробу на стрічку конвеєра $t_{су} = 0,1$ хв. Вироби з операції на операцію передаються поштучно. Кількість елементів на платі наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Кількість елементів на платі, шт.

Вироби	Резистори K_R	Конденсатори K_C	Мікросхеми K_M
А	10	8	3
Б	13	7	6
В	11	14	5
Г	19	9	12
Д	17	12	5

Місячна програма випуску виробу: А – 6000 шт., Б – 3000 шт., В – 3500 шт., Г – 5000 шт., Д – 1000 шт. Технологічні втрати або брак становлять 0,4 %. Тривалість зміни – 8 год, регламентована перерва – 30 хв у зміну. Коефіцієнт виконання норм $K_{внi} = 1$. На робочому місці працює одна людина. У місяці 22 робочих дні. Режим роботи дільниці двозмінний. Середня тривалість налагодження одного робочого місця при зміні партій виробів – 25 хв, а допустимі втрати робочого часу на простої робочих місць – 2 %. Крок конвеєра – 0,7 м. Діаметр барабанів – 0,35 м.

Середня тривалість можливого простою (у разі поломки) на кожну операцію – 10 хв. Вартість виготовлення виробу наведено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Вартість виробництва

Показник	Вироби				
Вартість виготовлення:	А	Б	В	Г	Д
- у попередніх цехах, грн	3	3	2	2	4
- на проектованому конвеєрі, грн	5	6	7	11	9

Розв'язання

Результати розрахунку програми запуску, наведені в табл. 3.8, отримано за формулою

$$N_{зj} = \frac{N_{випj} \cdot 100}{100 - a},$$

де $N_{випj}$ – програма випуску готової продукції, шт.;

$a = 2\%$ – технологічні втрати або брак, %.

Таблиця 3.8

Програма запуску

Вироби	А	Б	В	Г	Д
$N_{зj}$, *шт.*	6024	3012	3514	5020	1004

У місяці 22 робочих дні, режим роботи двозмінний, зміна становить 8 годин, з яких 30 хв – перерва. У цьому випадку дійсний фонд часу обчислюємо таким чином: $F_д = 22 \cdot 2 \cdot (8 \cdot 60 - 30) = 19800$ *хв*.

Конвеєр оснащено розподільним конвеєром безперервної дії, отже, трудомісткість операцій знаходимо за формулою

$$T_{иj} = t_{шт.Rj} K_{Rj} + t_{шт.Cj} K_{Cj} + t_{шт.Mj} K_{Mj} + m t_{су}, \quad j = А, Б, В, Г, Д,$$

де m – кількість операцій.

Кількість операцій вибираємо на основі попереднього оцінювання трудомісткості й кількості робочих місць.

Вважаємо, що m = 4. У табл. 3.9 наведено трудомісткість виготовлення виробів. Усі трудомісткості різні, тому $T = \text{var}$, $C_л = const$, $V = \text{var}$.

Таблиця 3.9

Трудомісткість операцій

Вироби	А	Б	В	Г	Д
$T_{иj}$, хв	7,82	9,99	11,3	15,73	12,4

Визначаємо розрахункову кількість робочих місць:

$$C_л = \frac{\sum_{j=1}^{s} N_{зj} T_{иj}}{F_д \left(1 - \frac{a_н}{100}\right)} = 10{,}736.$$

Беремо $C_Л$ = 11.

Окремі такти, ритми і швидкість руху конвеєра подано в табл. 3.5. При зміні партій предметів праці на робочих місцях лінії будемо залишати

перехідний запас, тоді $П_{рj} = t_н = 25$ хв. Розрахункові й узяті значення розмірів виробничих партій наведено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Результати розрахунку параметрів конвеєра

Показник	Вироби				
	А	Б	В	Г	Д
$T_j = \frac{T_{цj}}{C_л}$, хв	0,71	0,91	1,03	1,43	1,13
$R = \frac{1}{T}$, шт./хв	1,41	1,1	0,97	0,7	0,88
$V_j = \frac{l}{T_j}$, м/хв	0,85	0,77	0,68	0,49	0,62
n_j, шт.	1725	1346	1189	857	1084
$n_j^{пр}$, шт.	2008	1506	1757	1004	1004

Період чергування партій у днях обчислюємо за формулою

$$T_{пр} = \frac{T_{пл}}{N_{зj}} n_j^{пр},$$

де $T_{пл}$ = 22 дні.

Тривалість технологічного циклу в змінах визначаємо так:

$$t_{цj} = \frac{n_j^{пр} T_j + П_{рj}}{T_{см}},$$

де $T_{см}$ = 450 хв.

Результати наведено в табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Період чергування партій і тривалість технологічного циклу

Показник	Вироби				
	А	Б	В	Г	Д
$T_{пр}$, дні	7,3	11	11	4,4	22
$t_{цj}$, зміни	3,3	3,2	4,2	3,4	2,7

Формування операцій і їх синхронізація полягають у виборі певної кількості операцій для виготовлення кожного виробу і розподілі технологічно неподільних елементів операцій. Операція може виконуватися на одному

або декількох робочих місцях. Передбачається, що будь-який з перелічених у завданні технологічно неподільних елементів операцій можна включити до складу будь-якої операції, оскільки в завданні стосовно цього немає технологічних обмежень.

Будь-яка операція *i* з виготовлення виробу *j* складається з операції установлення K_{Rij} резисторів, K_{Cij} конденсаторів, K_{Mij} мікросхем і операції зняття виробів з конвеєра. При цьому трудомісткість кожної операції має бути максимально кратною такту. Прийнято рішення сформувати чотири різні операції, які будуть виконуватися в сумі на одинадцяти робочих місцях.Розподіл елементів технологічного процесу за операціями виконується відповідно до умови синхронізації. Трудомісткість кожної операції обчислюємо за формулою

$$t_{ij} = t_{штRj} K_{Rij} + t_{штCj} K_{Cij} + t_{штMj} K_{Mij} + t_{су}.$$

Розрахункові кількості робочих місць для окремих операцій кожного виробу визначаємо так:

$$C_{pi} = \frac{t_i}{T K_{одi}}.$$

Прийняту кількість робочих місць $C_{прi}$ отримуємо округленням розрахункової кількості C_{pi} за правилами арифметики.

Коефіцієнт завантаження робочих місць розраховуємо таким чином:

$$K_{зi} = \frac{C_{pi}}{C_{пр.i}}.$$

Необхідно так сформувати операції, щоб коефіцієнт завантаження робочих місць був не менше 0,92 і не більше 1,08. При цьому бажано, щоб найменше спільне кратне прийнятих значень кількості робочих місць на всіх операціях усіх виробів було мінімально можливим. Остання вимога є важливою для мінімізації розмірів конвеєра і зручності застосування системи адресації комірок.

Результати синхронізації операцій наведено в табл. 3.12 – 3.16.

Таблиця 3.12

Синхронізація операцій виробу А

Номер операції	K_{Ri}	K_{Ci}	K_{Mi}	t_i	C_{pi}	$C_{прi}$	$K_{зi}$
1	7	0	0	2,2	3,0986	3	1,03
2	0	6	0	2,2	3,0986	3	1,03
3	0	2	1	1,34	1,8873	2	0,94
4	3	0	2	2,08	2,9296	3	0,98
РАЗОМ	10	8	3	7,82	11,014	11	1,001

Таблиця 3.13

Синхронізація операцій виробу Б

Номер операції	K_{Ri}	K_{Ci}	$K_{\text{М і}}$	$t_{\text{і}}$	$C_{\text{рі}}$	$C_{\text{пр}i}$	$K_{\text{з}i}$
1	9	0	0	2,8	3,0769	3	1,03
2	1	7	0	2,85	3,1319	3	1,04
3	0	0	3	1,72	1,8901	2	0,95
4	3	0	3	2,62	2,8791	3	0,96
РАЗОМ	13	7	6	9,99	10,978	11	1

Таблиця 3.14

Синхронізація операцій виробу В

Номер операції	K_{Ri}	K_{Ci}	$K_{\text{М і}}$	$t_{\text{і}}$	$C_{\text{рі}}$	$C_{\text{пр}i}$	$K_{\text{з}i}$
1	10	0	0	3,1	3,0097	3	1
2	0	8	0	2,9	2,8155	3	0,94
3	1	2	2	2,18	2,1165	2	1,06
4	0	4	3	3,12	3,0291	3	1,01
РАЗОМ	11	14	5	11,3	10,971	11	1

Таблиця 3.15

Синхронізація операцій виробу Г

Номер операції	K_{Ri}	K_{Ci}	$K_{\text{М і}}$	$t_{\text{і}}$	$C_{\text{рі}}$	$C_{\text{пр}i}$	$K_{\text{з}i}$
1	14	0	0	4,3	3,007	3	1
2	5	8	0	4,4	3,0769	3	1,03
3	0	0	5	2,8	1,958	2	0,98
4	0	1	7	4,23	2,958	3	0,99
РАЗОМ	19	9	12	15,73	11	11	1

Таблиця 3.16

Синхронізація операцій виробу Д

Номер операції	K_{Ri}	K_{Ci}	$K_{\text{М і}}$	$t_{\text{і}}$	$C_{\text{рі}}$	$C_{\text{пр}i}$	$K_{\text{з}i}$
1	11	0	0	3,4	3,0088	3	1
2	0	9	0	3,25	2,8761	3	0,96
3	6	1	0	2,25	1,9912	2	1
4	0	2	5	3,5	3,0973	3	1,03
РАЗОМ	17	12	5	12,4	10,973	11	1

Розрахунок параметрів стрічки і адресація комірок

Кількість робочих місць на відповідних операціях по всіх виробах є однаковою, тому значення довжини робочих зон операцій також будуть однаковими (табл. 3.17).

Таблиця 3.17

Довжина робочих зон

Номер операції	1	2	3	4
l_{pi}, м	2,1	2,1	1,4	2,1

Довжину робочої частини конвеєра при односторонньому розташуванні робочих місць розраховуємо за формулою

$$L_p = l\sum_{i=1}^{m} C_{пpi} = lC_л = 7{,}7\ м; = 7{,}7\ \text{м}.$$

Для цього розподільного конвеєра доцільно використовувати адресацію комірок, тому що кількість робочих місць на операціях різна і для всіх операцій є більшою за одиницю. Період розподільного конвеєра

П=НОК($C_{пpi}$), i=1…m, НОК(2,3,6)=6.

Стрічка конвеєра має бути поділена на періоди, кількість яких становить ціле число (К = 5). Її довжину можна визначити таким чином:

$$L_n lПК = 0{,}7 \cdot 6 \cdot 5 = 21\ м;$$
$$L_n \geq 2L_p + 2\pi R = 17{,}589\ м.$$

Система адресації є однаковою для всіх виробів (табл. 3.18).

Таблиця 3.18

Система адресації комірок конвеєра

Номер операції	C_{npi}	Кількість комірок	Номери робочих місць	Номери комірок
1	3	2	1	1; 4
			2	2; 5
			3	3; 6
2	3	2	4	1; 4
			5	2; 5
			6	3; 6
3	2	3	7	1; 3; 5
			8	2; 4; 6
4	3	2	9	1; 4
			10	2; 5
			11	3; 6

Розрахуємо запас:

- технологічний

$$Z_{тех} = PC_л = 11\ шт.;$$

- транспортний

$$Z_{тр} = P\left(C_л - 1\right) = 11 - 1 = 10\ шт.;$$

- страховий (резервний), який наведено в табл. 3.19,
-

$$Z_{рез} = \frac{\sum_{i=1}^{m} t_{пері}}{T},$$

де $t_{пері}$ – середня тривалість можливої перерви в роботі одного робочого місця однієї операції у випадку ремонту.

Загальну величину запасів та обсяги незавершеного виробництва в грошовому вираженні також подано в табл. 3.19.

Таблиця 3.19

Запаси конвеєра

Показник	Вироби				
	А	Б	В	Г	Д
$Z_{рез}$, *шт.*	42	33	29	21	27
$Z_{об}$, *шт.*	63	54	50	42	48
H, грн	346,5	324	275	315	408

3.2. Задачі для самостійної роботи

Задача № 1

Технологічний процес оброблення виробу складається з трьох операцій, які мають таку трудомісткість: t_1 = 0,71 хв, t_2 = 1,1 хв, t_3 = 1 хв відповідно. Виробнича програма – 1300 штук за зміну. Тривалість зміни – 8 годин, перерва – 60 хв у зміну. Вироби з операції на операцію передаються поштучно. Крок конвеєра – 0,6 м. Радіус приводного і натяжного барабанів – 0,25 м.

Визначити такт і ритм лінії, кількість і коефіцієнт завантаження робочих місць, швидкість руху конвеєра, довжину робочої частини конвеєра, повну довжину стрічки конвеєра. Розробити систему адресації комірок конвеєра. Розрахувати загальний запас.

Задача № 2

Складання виробів А, Б, В виконується на одній багатопредметній безперервно-потоковій лінії. Тривалість зміни – 8 годин (без перерви). Кількість робочих днів на місяць – 21. Режим роботи однозмінний. Вироби з операції на операцію передаються поштучно. Допустимі витрати часу на переналагодження при зміні партій (підготовчо-заключні роботи) становлють $a_н$ = 2 %. Час на переналагодження лінії при зміні партій $t_н$ = 40 хв. На робочих місцях залишають запас кожного виробу при переході до випуску іншого виробу. Крок конвеєра l = 0,6 м.

Місячна програма запуску виробів N_{3j}: А – 6000 шт., Б – 4500 шт., В – 3500 шт. Час виконання операцій наведено в табл. 3.20.

Таблиця 3.20

Вихідні дані для розрахунку

Показник	Вироби		
	А	Б	В
Трудомісткість всіх операцій, що виконуються на потоковій лінії, T_{ij}, хв	8	6,6	5,5

Визначити такт, ритм, кількість робочих місць і швидкість руху конвеєра лінії, а також розмір виробничої партії.

3.3. Завдання для виконання розрахункової роботи

На підприємстві, що випускає радіоелектронну апаратуру, необхідно організувати виробничий процес складання блоків п'яти найменувань (А, Б, В, Г, Д) за типовою технологією. Процес складання полягає в установ-

ленні на плату резисторів, конденсаторів, мікросхем на багатопредметній безперервно-потоковій лінії з послідовним чергуванням партій предметів праці, яку оснащено розподільним конвеєром. Заводські нормативи часу на виконання технологічно неподільних елементів операцій наведено в табл. 3.21. Час на зняття виробів з конвеєра й установлення їх на конвеєр – 0,08 хв.

Кількість елементів, які необхідно встановити в процесі складання, наведено в табл. 3.22.

Місячну програму випуску виробів $N_{вип}$ подано в табл. 3.23, технологічні втрати або брак становлять 0,6 %. У місяці 22 робочих дні, режим роботи дільниці двозмінний, тривалість робочої зміни – 8 год, час на відпочинок і особисті потреби становить 45 хв у зміну. Коефіцієнт виконання норм $K_{вні}$ = 1. На одному робочому місці працює одна людина. Вироби з операції на операцію передаються поштучно.

Середня тривалість налагодження одного робочого місця при зміні партій виробів – 25 хв. Допустимі втрати робочого часу на простої робочих місць при зміні партій предметів праці становлять 2,5 %.

Крок конвеєра – 0,7 м. Діаметр приводного і натяжного барабанів – 0,4 м. Середня тривалість можливої перерви в роботі у зв'язку з поломкою і ремонтом обладнання одного робочого місця на одній операції – 10 хв. Вартість виготовлення виробів на проектованому конвеєрі й у попередніх цехах наведено в табл. 3.24.

Виконати розрахунок потокової лінії.

Таблиця 3.21

Тривалість виконання елементів операцій

Номер варіанта	Установлення резистора, хв	Установлення конденсатора, хв	Установлення мікросхеми, хв
1	0,14	0,3	0,4
2	0,15	0,29	0,38
3	0,26	0,28	0,36
4	0,17	0,27	0,34
5	0,18	0,26	0,32
6	0,2	0,25	0,7
7	0,21	0,24	0,42
8	0,22	0,23	0,44
9	0,23	0,22	0,46
10	0,23	0,21	0,48

Закінчення табл. 3.21

Номер варіанта	Установлення резистора, хв	Установлення конденсатора, хв	Установлення мікросхеми, хв
11	0,25	0,2	0,4
12	0,26	0,19	0,38
13	0,14	0,3	0,36
14	0,25	0,29	0,34
15	0,16	0,28	0,32
16	0,17	0,27	0,5
17	0,2	0,26	0,42
18	0,2	0,3	0,44
19	0,21	0,24	0,46
20	0,22	0,23	0,55
21	0,23	0,22	0,4
22	0,23	0,21	0,38
23	0,25	0,2	0,6
24	0,26	0,19	0,34
25	0,26	0,24	0,32
26	0,17	0,23	0,65
27	0,18	0,22	0,42
28	0,2	0,3	0,55
29	0,25	0,35	0,46
30	0,22	0,33	0,55

Таблиця 3.22

Кількість елементів у виробі

Вироби	Резистори	Конденсатори	Мікросхеми
А	20	14	6
Б	15	11	10
В	13	10	8
Г	11	6	4
Д	17	12	3

Таблиця 3.23

Програма випуску

Номер варіанта	Вироби				
	А	Б	В	Г	Д
1	6000	2000	8000	6000	1000
2	4000	5000	4000	7000	2000
3	5500	3000	4500	1500	5000
4	1500	7000	5500	5000	1000
5	4000	4000	5000	2000	7000
6	1700	4600	8000	4000	4400
7	7000	6000	5000	4000	1500
8	5500	3500	3500	6500	6000
9	1000	7500	4000	5500	3500
10	4500	1000	6000	5000	8000
11	6000	2000	8000	6000	1000
12	4000	5000	4000	7000	2000
13	5500	3000	4500	1500	5000
14	1500	7000	5500	5000	1000
15	4000	4000	5000	2000	7000
16	1700	4600	8000	4000	4400
17	7000	6000	5000	4000	1500
18	5500	3500	3500	6500	6000
19	1000	7500	4000	5500	3500
20	4500	1000	6000	5000	8000
21	6000	2000	8000	6000	1000
22	4000	5000	4000	7000	2000
23	5500	3000	4500	1500	5000
24	1500	7000	5500	5000	1000
25	4000	4000	5000	2000	7000
26	1700	4600	8000	4000	4400
27	7000	6000	5000	4000	1500
28	5500	3500	3500	6500	6000
29	1000	7500	4000	5500	3500
30	4500	1000	6000	5000	8000

Таблиця 3.24

Вартість виробництва

Показник	Вироби				
Вартість виготовлення:	А	Б	В	Г	Д
- у попередніх цехах, грн	3	3	2	2	4
- на проектованому конвеєрі, грн	8	7	9	11	9

4. СІТКОВЕ ПЛАНУВАННЯ
4.1. Приклад розв'язання задачі

1. Для планування науково-дослідних робіт використовують сітковумодель, показану на рис. 4.1. Визначити ранні й пізні терміни здійснення подій, початку і закінчення робіт, резерви часу подій і робіт, коефіцієнти напруженості робіт за допомогою сіткового графіка (див. рис. 4.1).

Тривалість кожної роботи і кількість виконавців наведено в табл. 4.1.

Побудувати лінійну карту і графік завантаження сітки.

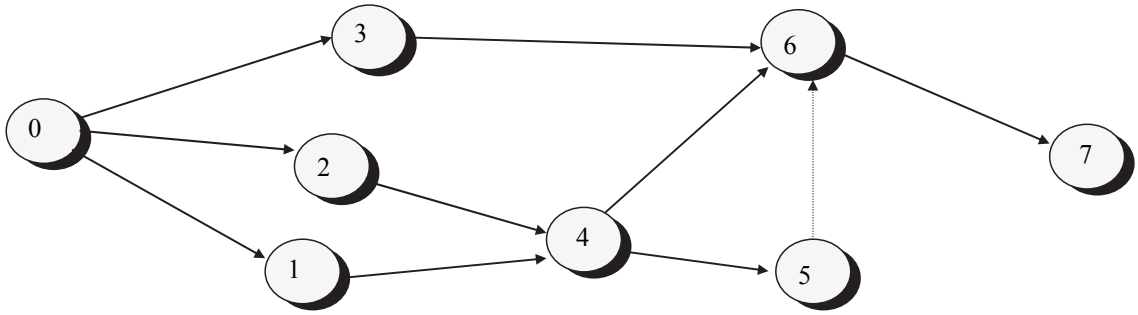

Рис. 4.1. Сітковий графік виконання робіт

Таблиця 4.1

Тривалість робіт і кількість виконавців

Робота	0-1	0-2	0-3	1-4	2-4	3-6	4-5	4-6	6-7
T_{ij}, дні	3	2	3	2	5	2	4	3	2
n_{ij}, осіб	1	2	1	2	1	1	2	1	2

Розв'язання

Спочатку знаходимо ранні терміни здійснення подій. Нехай ранній терміни здійснення події дорівнює нулю («0»). Відповідно до

$$t_j^P = \max(t_i^P + T_{ij})$$

визначаємо:

$$t_1^P = 0+3 = 3;$$

$$t_2^P = 0+2 = 2;$$

$$t_3^P = 0+3 = 3;$$

$$t_4^P = \max[(3+2),(2+5)] = 7;$$

$$t_5^P = 7+4 = 11;$$

$$t_6^P = \max[(3+2),(7+3),(11+0)] = 11;$$

$$t_7^P = 11+2 = 13.$$

Оскільки кінцева подія сіткового графіка належить до критичного шляху, то $t_7^n = t_7^P = 13$. Починаючи із кінцевої події, розраховуємо пізні терміни здійснення подій за формулою

$$t_i^n = \min(t_j^n - Tij).$$

Тоді

$$t_6^n = 13-2 = 11;$$

$$t_5^n = 11-0 = 11;$$

$$t_4^n = \min[(11-4),(11-3)] = 7;$$

$$t_3^n = 11-2 = 9;$$

$$t_2^n = 7-5 = 2\ ;$$

$$t_1^n = 7-2 = 5;$$

$$t_0^n = \min[(5-3),(2-2),(9-3)]=0.$$

Правильність розв’язку підтверджує рівність нулю пізнього терміну здійснення події («0»). Далі знаходимо резерви часу подій, використовуючи таку формулу (табл. 4.2):

$$R_i = t_i^П - t_i^P\ .$$

Таблиця 4.2

Вихідні дані для розрахунку

Подія	0	1	2	3	4	5	6	7
R, дні	0	2	0	6	0	0	0	0

Кожна подія сіткового графіка є одночасно кінцевою подією для одних робіт і початковою – для інших. Роботи не починаються доти, доки не настане їх початкова подія.

Отже, ранній термін початку роботи збігається з раннім терміном здійснення її початкової події:

$$t_{ij}^{РП} = t_i^P\ .$$

Ранній термін закінчення роботи визначається за формулою

$$t_{ij}^{РЗ} = t_{ij}^{РП} + T_{ij}\ .$$

Пізні терміни закінчення робіт пов'язані з пізніми термінами здійснення подій, що настають за ними. Робота не може закінчитися пізніше допустимого пізнього строку здійснення її кінцевої події.

Тому термін пізнього закінчення роботи

$$t_{ij}^{ПЗ} = t_j^n.$$

У цьому випадку пізній термін початку роботи

$$t_{ij}^{ПП} = t_{ij}^{ПЗ} - T_{ij}.$$

Повний резерв показує, наскільки можна збільшити час виконання роботи за умови, що термін здійснення кінцевої події сітки не зміниться. Повний резерв часу роботи R_{ij}^n дорівнює резерву часу максимального з шляхів, що проходять через цю роботу, і визначається за формулою

$$R_{ij}^n = t_i^n - t_i^P - T_{ij} = t_i^n - t_{ij}^{PO} = t_{ij}^{nO} - t_{ij}^{PO}.$$

Частковий резерв першого виду – це частина повного резерву часу, на яку можна збільшити тривалість роботи, не змінивши при цьому пізнього терміну її початкової події. Іншими словами, це період часу, яким можна розпоряджатися при виконанні цієї роботи за умови, що її початкова і кінцева події здійснюються в свої найпізніші терміни.

Частковий резерв роботи першого виду визначається за формулою

$$R'_{ij} = t_j^n - t_i^n - T_{ij} = t_{ij}^{nH} - t_i^n.$$

Частковий резерв другого виду – це частина повного резерву часу, на яку можна збільшити тривалість роботи, не змінюючи при цьому раннього терміну її кінцевої події, або запас часу, яким можна розпоряджатися при виконанні цієї роботи за умови, що її початкова і кінцева події здійснюються в свої найбільш ранні терміни.

Частковий резерв другого виду обчислюється за формулою

$$R''_{ij} = t_j^P - t_i^P - T_{ij} = t_j^P - t_{ij}^{PO}.$$

Найбільш раціонально планувати виконання робіт за ранніми строками їх початку і закінчення.

Вільний резерв – це запас часу в разі, якщо всі попередні роботи закінчуються в пізні терміни, а всі наступні починаються в ранні терміни:

$$R_{ij}^{CB} = t_j^P - t_i^П - T_{ij}.$$

Вільні резерви використовують, коли попередня робота закінчилася за пізніми допустимими термінами, а наступні роботи хочуть виконати за ранніми термінами.

За формулами обчислюємо ранні й пізні терміни початку і закінчення робіт, а потім – резерви часу.

Коефіцієнт напруженості роботи – це відношення тривалості незбіжних (замкнених між одними й тими ж подіями) відрізків шляху, одним з яких є шлях максимальної тривалості, що проходить через дану роботу, а іншим – критичний шлях:

$$K_{ij}^H = (T(L_{max}) - T'(L_{кр}))/(T(L_{кр}) - T'(L_{кр})).$$

Результати наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Параметри робіт сіткового графіка

Робота	0-1	0-2	0-3	1-4	2-4	3-6	4-5	4-6	5-6	6-7
$t_{ij}^{РП}$, дні	0	0	0	3	2	3	7	7	11	11
$t_{ij}^{РЗ}$, дні	3	2	3	5	7	5	11	10	11	13
$t_{ij}^{ПЗ}$, дні	5	2	9	7	7	11	11	11	11	13
$t_{ij}^{ПП}$, дні	2	0	6	5	2	9	7	8	11	11
R_{ij}^{n}, дні	2	0	6	2	0	6	0	1	0	0
$R_{ij}^{'}$, дні	2	0	6	0	0	0	0	1	0	0
$R_{ij}^{''}$, дні	0	0	0	2	0	6	0	1	0	0
$R_{ij}^{св}$, дні	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$K_{ij}^{Н}$	0,71	1	0,42	0,71	1	0,42	1	0,75	1	1

Результати розрахунку в графічному вигляді показано на рис. 4.2.

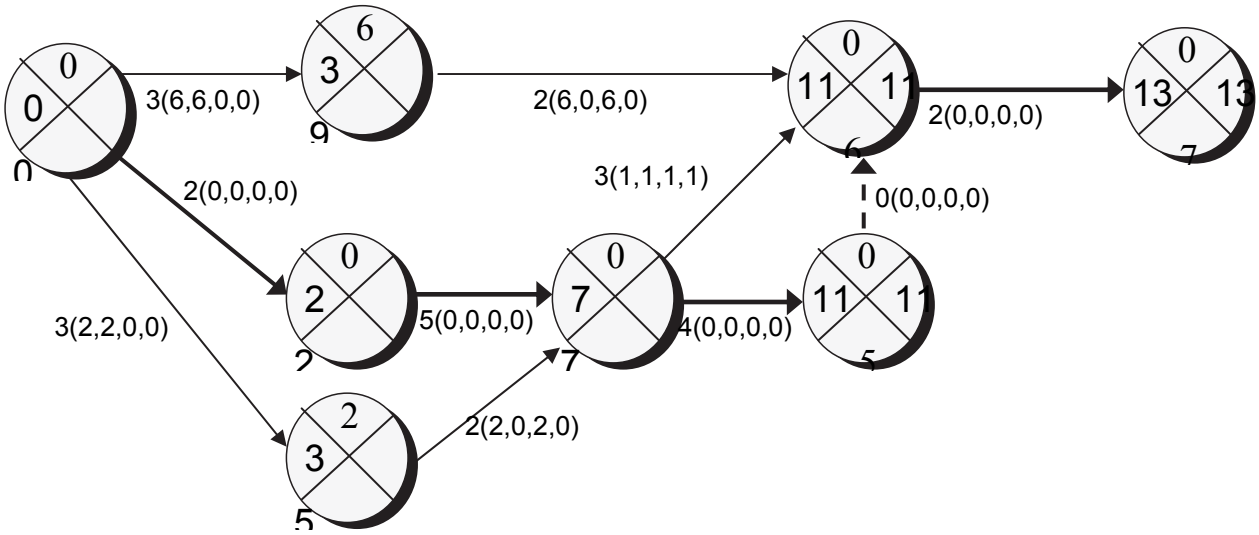

Рис. 4.2. Сітковий графік з нанесеними результатами розрахунків

Розраховуємо коефіцієнти напруженості робіт.

Лінійну карту сітки зображено на рис. 4.3, а графік завантаження – на рис. 4.4 (події 5 і 6 збігаються, оскільки їх з'єднує фіктивна робота, що належить до критичного шляху).

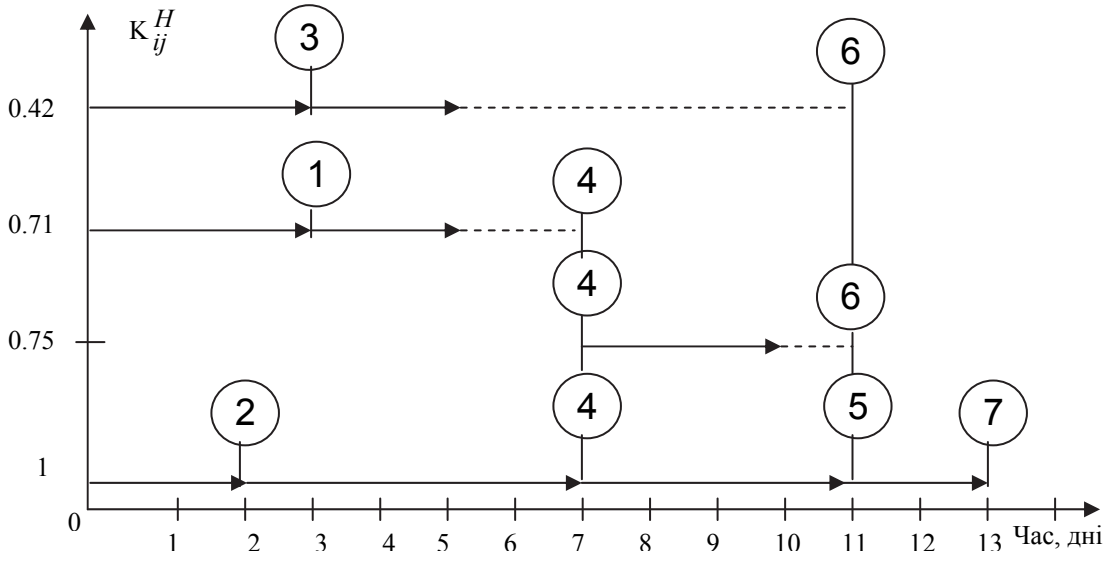

Рис. 4.3. Лінійна карта сітка

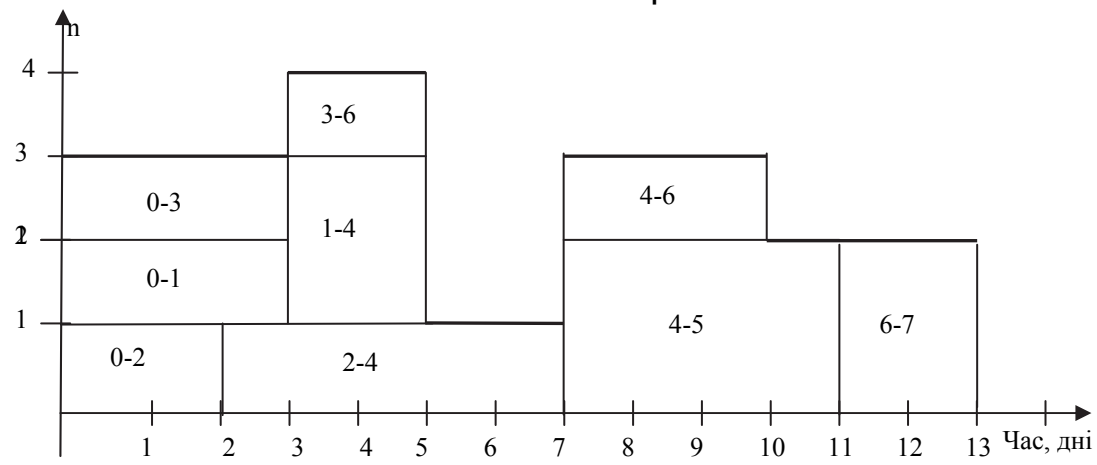

Рис. 4.4. Графік завантаження

Проаналізувавши лінійну карту сітки (див. рис. 4.3) і графік завантаження (див. рис. 4.4), можна запропонувати починати роботу 3 - 6 не в її ранній термін, а на два дні пізніше, що можна зробити за рахунок наявного резерву часу. Це дасть змогу, не змінюючи тривалості комплексу робіт, зробити завантаження виконавців більш рівномірно і зменшити загальну кількість людей, задіяних у виконанні робіт (вважається, що всі виконавці робіт у цій задачі – взаємозамінні). У цьому випадку в будь-який момент часу буде задіяно не більше трьох співробітників.

4.2. Задачі для самостійної роботи

Задача № 1

Визначити очікувані терміни виконання робіт. Розрахувати параметри сіткового графіка. Визначити ймовірність виконання робіт у директивний термін. Побудувати лінійну карту робіт і діаграму трудових ресурсів. Провести оптимізацію сіткового графіка за термінами і трудових ресурсів. Розрахувати параметри сіткового графіка після оптимізації. Визначити ймовірність виконання робіт у директивний термін після оптимізації сіткового графіка. Побудувати лінійну карту робіт і діаграму трудових ресурсів для оптимізованого сіткового графіка. Сіткову модель виконання комплексу робіт зображено на рис. 4.5, а дані для розрахунку наведено в табл. 4.4. Примітка: $T_{дир}$= T(Lkp); - t_{min}, t_{max} – задані в днях. Параметри сіткового графіка після оптимізації слід подати у вигляді таблиці.

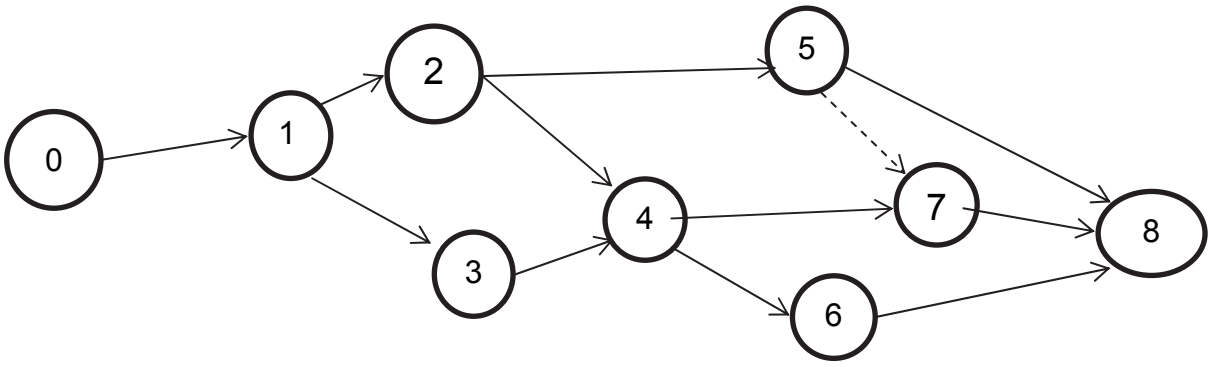

Рис. 4.5. Сіткова модель

Таблиця 4.4

Таблиця вихідних і розрахункових даних

Порядок виконання	Вихідні дані			Параметри до оптимізації											
	t_{min}	t_{max}	n	t_{ij}	$t_{рп}$	$t_{рз}$	$t_{пп}$	$t_{пз}$	$R^{п}$	R^{I}	R^{II}	$R^{св}$	$T(L_{кр})$	$K_{н}$	P
0-I	1	4	2												
I-2	1	6	8												
I-3	4	9	3												
2-4	3	6	6												
3-4	7	10	4												
4-5	10	15	5												
2-5	1	4	12												
4-7	3	6	5												
5-8	4	9	6												
7-8	1	6	4												
6-8	3	8	3												
0-I	1	4	2												

Задача № 2

Визначити очікувані терміни виконання робіт.Розрахувати параметри сіткового графіка. Визначити ймовірність виконання робіт у директивний термін. Побудувати лінійну карту робіт і діаграму трудових ресурсів.

Провести оптимізацію сіткового графіка за термінами і трудових ресурсів. Розрахувати параметри сіткового графіка після оптимізації. Визначити ймовірність виконання робіт у директивний термін після оптимізації сіткового графіка. Побудувати лінійну карту робіт і діаграму трудових ресурсів для оптимізованого сіткового графіка. Сіткову модель виконання комплексу робіт зображено на рис. 4.6, а вихідні дані наведено в табл. 4.5.

Параметри сіткового графіка після оптимізації слід подати у вигляді таблиці.

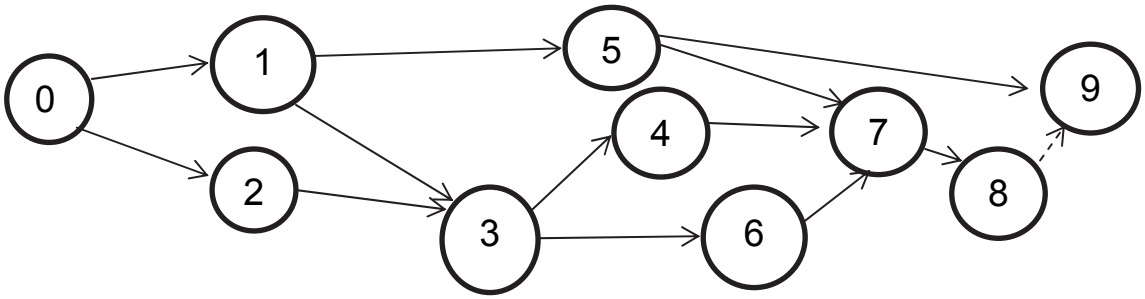

Рис. 4.6. Сіткова модель

Таблиця 4.5

Таблиця вихідних і розрахункових даних

Порядок виконання	Вихідні дані			Параметри до оптимізації											
	t_{min}	t_{max}	n	t_{ij}	$t_{рп}$	$t_{рз}$	$t_{пп}$	$t_{пз}$	$R^{п}$	R^{I}	R^{II}	$R^{св}$	$T(L_{кр})$	$K_{н}$	P
0-I	1	4	4												
0-2	3	8	3												
I-3	3	6	6												
2-3	7	10	2												
1-5	4	9	5												
3-4	1	6	8												
3-6	10	15	3												
5-7	1	6	6												
6-7	4	9	4												
7-8	4	9	3												
5-9	1	4	6												
4-7	7	12	4												

Задача № 3

Визначити очікувані терміни виконання робіт. Розрахувати параметри сіткового графіка. Визначити ймовірність виконання робіт у директивний термін. Побудувати лінійну карту робіт і діаграму трудових ресурсів.

Провести оптимізацію сіткового графіка за термінами і трудових ресурсів. Розрахувати параметри сіткового графіка після оптимізації.

Визначити ймовірність виконання робіт в директивний термін після оптимізації сіткового графіка. Побудувати лінійну карту робіт і діаграму трудових ресурсів для оптимізованого сіткового графіка. Сіткову модель виконання комплексу робіт зображено на рис. 4.7, а вихідні дані наведено в табл. 4.6.

Параметри сіткового графіка після оптимізації слід подати у вигляді таблиці.

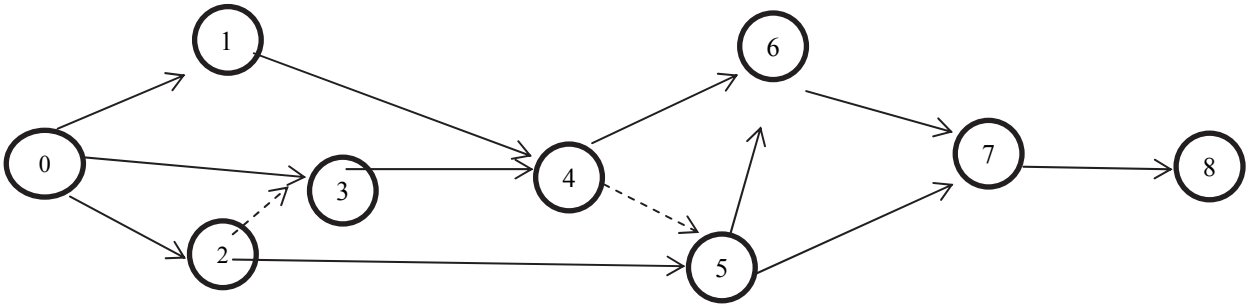

Рис. 4.7. Сітковий графік

Таблиця 4.6

Таблиця вихідних і розрахункових даних

Порядок виконання	Вихідні дані			Параметри до оптимізації											
	t_{min}	t_{max}	n	t_{ij}	$t_{рп}$	$t_{рз}$	$t_{пп}$	$t_{пз}$	$R^{п}$	R^{I}	R^{II}	$R^{св}$	$T(L_{кр})$	$K_{н}$	*P*
0-I	1	6	8												
0-2	10	15	2												
0-3	4	6	6												
2-4	3	8	8												
3-4	7	10	3												
2-5	1	4	4												
4-6	4	9	2												
5-6	1	6	5												
5-7	1	4	4												
6-7	7	10	2												
7-8	3	4	2												

Задача № 4

Розрахувати параметри сіткового графіка. Визначити ймовірність виконання робіт у директивний термін. Побудувати лінійну карту робіт і діаграму трудових ресурсів. Провести оптимізацію сіткового графіка за термінами і трудових ресурсів. Розрахувати параметри сіткового графіка після оптимізації. Визначити ймовірність виконання робіт у директивний термін після оптимізації сіткового графіка. Побудувати лінійну карту робіт і діаграму трудових ресурсів для оптимізованого сіткового графіка. Сіткову модель виконання комплексу робіт зображено на рис. 4.8, а вихідні дані наведено в табл. 4.7. Примітка: $T_{дир}$= T(Lkp) – 3 дні; t_{min}, t_{max} – задані в днях.

Параметри сіткового графіка після оптимізації слід подати у вигляді таблиці.

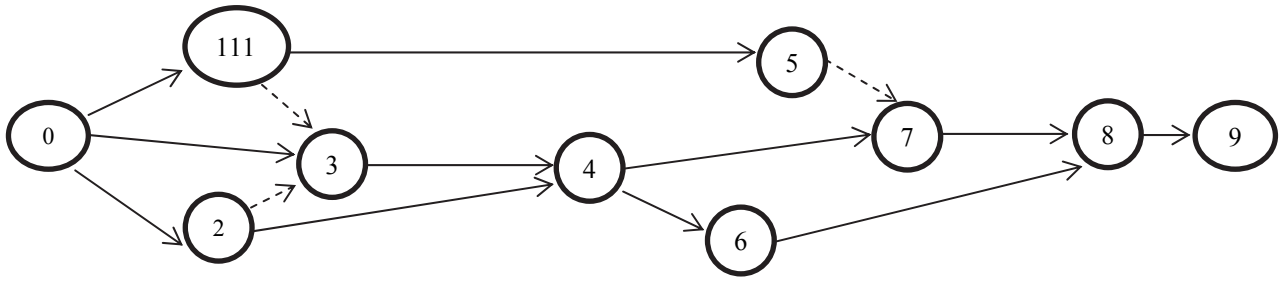

Рис. 4.8. Сітковий графік

Таблиця 4.7

Таблиця вихідних і розрахункових даних

Порядок виконання	Вихідні дані			Параметри до оптимізації											
	t_{min}	t_{max}	n	t_{ij}	$t_{рп}$	$t_{рз}$	$t_{пп}$	$t_{пз}$	$R^{п}$	R^{I}	R^{II}	$R^{св}$	$T(L_{kp})$	$K_{н}$	P
0-I	7	10	2												
0-2	5	5,5	4												
0-3	1	3,5	3												
2-4	0,5	1,75	3												
1-5	1	6	2												
3-4	3	5,5	3												
4-6	1	6	2												
4-7	1	3,5	4												
6-8	0,5	1,75	4												
7-8	4	9	1												
8-9	1	3,5	5												

Задача № 5

Розрахувати параметри сіткового графіка. Визначити ймовірність виконання робіт у директивний термін. Побудувати лінійну карту робіт і діаграму трудових ресурсів. Провести оптимізацію сіткового графіка за термінами і трудових ресурсів. Розрахувати параметри сіткового графіка після оптимізації. Визначити ймовірність виконання робіт у директивний термін після оптимізації сіткового графіка. Побудувати лінійну карту робіт і діаграму трудових ресурсів для оптимізованого сіткового графіка. Сіткову модель виконання комплексу робіт зображено на рис. 4.9, а вихідні дані наведено в табл. 4.8. Параметри сіткового графіка після оптимізації слід подати у вигляді таблиці.

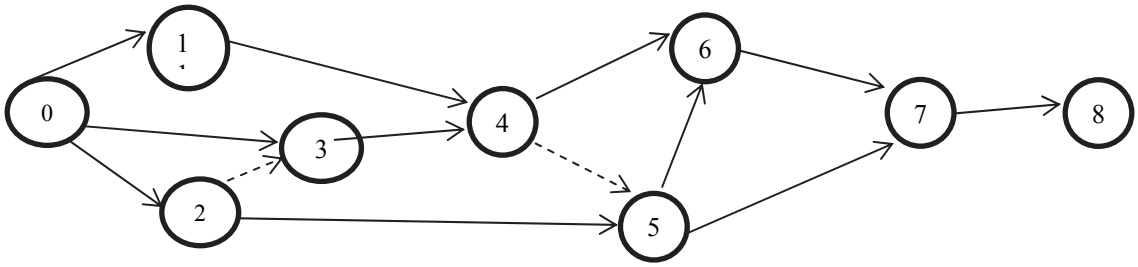

Рис. 4.9. Сітковий графік

Таблиця 4.8

Таблиця вихідних і розрахункових даних

Порядок виконання	Вихідні дані			Параметри до оптимізації											
	t_{min}	t_{max}	n	t_{ij}	$t_{рп}$	$t_{рз}$	$t_{пп}$	$t_{пз}$	$R^{п}$	R^{I}	R^{II}	$R^{св}$	$T(L_{кр})$	$K_{н}$	P
0-I	1	6	8												
0-2	10	15	3												
0-3	3	4	6												
1-4	3	8	7												
3-4	7	10	3												
2-5	1	4	4												
4-6	4	9	2												
5-6	1	6	5												
5-7	1	4	4												
6-7	7	10	2												
7-8	3	4	3												

4.3. Завдання для виконання розрахункової роботи

Накреслити план виконання науково-дослідних робіт з використанням сіткової моделі (рис. 4.10).

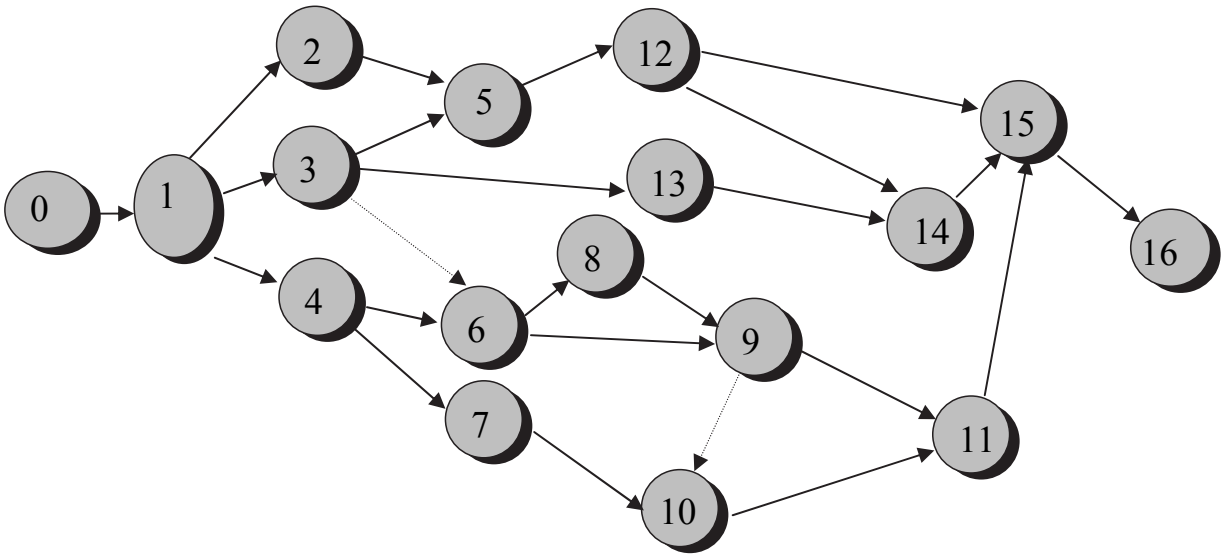

Рис. 4.10. Сіткова модель виконання робіт

У табл. 4.9 подано тривалість робіт сіткового графіка (див. рис. 4.10), які виконує один співробітник ($n_{ij}=1$). Тривалість цих робіт не залежить від кількості співробітників. У табл. 4.10 наведено трудомісткість інших робіт і кількість співробітників для їх виконання. Коефіцієнти неврахованих робіт і підвищення продуктивності праці дорівнюють одиниці ($K_Д=1$, $K_{ВН}=1$), тривалість робочого дня – 8 год.

Відповідно до варіанта визначити ранні й пізні терміни здійснення подій, початку і закінчення робіт, резерви часу подій і робіт, коефіцієнти напруженості за допомогою сіткового графіка. Побудувати лінійну карту і графік завантаження сітки.

Таблиця 4.9

Тривалість робіт T_{ij}, дні

Номер варіанта	Код робіт										
	0-1	1-2	1-3	2-5	3-5	5-12	12-15	12-14	1-4	9-11	15-16
1	2	4	4	7	5	7	12	3	7	4	4
2	3	5	4	4	4	4	5	6	2	7	5
3	1	6	2	7	7	7	6	2	4	5	3
4	4	2	5	9	9	9	11	3	3	2	6
5	2	3	7	4	4	4	3	7	6	4	2
6	5	6	2	7	4	7	2	4	9	3	3
7	6	2	4	5	3	2	3	7	2	2	3
8	1	3	3	2	6	4	4	8	6	3	4

Закінчення табл. 4.9

Номер варіанта	Код робіт										
	0-1	1-2	1-3	2-5	3-5	5-12	12-15	12-14	1-4	9-11	15-16
9	3	7	6	4	2	8	7	2	8	5	6
10	2	4	9	3	3	4	5	3	2	3	5
11	3	7	2	2	7	7	2	6	4	12	4
12	4	8	6	3	4	3	4	2	8	3	3
13	7	2	8	5	6	2	3	7	2	2	5
14	5	3	2	3	7	4	4	8	6	3	4
15	2	6	4	12	4	5	7	2	8	5	6
16	4	2	8	3	7	7	5	3	2	3	5
17	3	3	4	4	9	1	2	6	4	2	4
18	2	7	7	3	7	2	4	2	8	3	1
19	3	4	3	4	8	6	3	13	4	4	2
20	1	7	5	7	2	8	2	7	7	3	4
21	4	9	2	5	3	2	3	4	3	4	1
22	2	4	7	2	6	4	11	7	5	7	2
23	5	5	4	7	7	3	4	9	2	5	3
24	6	12	6	4	3	4	2	4	7	2	6
25	1	3	2	7	5	7	5	5	4	7	3
26	3	7	4	4	3	4	6	2	6	4	3
27	2	4	5	7	5	7	1	3	2	7	5
28	3	7	7	9	2	5	7	3	7	2	4
29	4	9	11	4	7	2	3	4	8	6	3
30	7	4	2	5	4	7	5	7	2	8	2

Таблиця 4.10

Трудомісткість робіт t_{ij} ,нормо-год, і кількість співробітників n_{ij}, чол.

Номер варіанта		Код робіт											
		3-13	13-14	14-15	11-15	4-6	4-7	6-8	6-9	8-9	4-7	7-10	10-11
1	t_{ij}	32	24	80	320	96	16	96	24	160	224	48	64
	n_{ij}	2	3	5	4	3	2	6	3	4	7	2	4
2	t_{ij}	96	48	64	336	224	48	144	16	400	80	24	120
	n_{ij}	6	3	2	7	4	3	6	2	5	2	3	5
3	t_{ij}	120	64	120	80	480	40	32	64	192	120	64	160
	n_{ij}	5	4	3	2	6	5	2	4	4	3	2	2
4	t_{ij}	72	80	160	96	80	96	96	48	112	64	48	160
	n_{ij}	3	2	4	7	5	4	6	3	2	2	3	4
5	t_{ij}	128	48	96	128	96	64	48	32	288	168	120	144
	n_{ij}	4	2	3	4	6	4	2	4	3	7	5	3

Продовження табл. 4.10

Номер варіанта		Код робіт											
		3-13	13-14	14-15	11-15	4-6	4-7	6-8	6-9	8-9	4-7	7-10	10-11
6	t_{ij}	224	48	64	24	80	320	96	24	160	64	24	80
	n_{ij}	7	2	4	3	5	4	6	3	4	4	3	5
7	t_{ij}	80	24	120	48	64	336	144	16	400	120	48	64
	n_{ij}	2	3	5	3	2	7	6	2	5	5	3	2
8	t_{ij}	120	64	160	64	120	80	32	64	192	160	64	120
	n_{ij}	3	2	2	4	3	2	2	4	4	2	4	3
9	t_{ij}	64	48	160	80	160	96	96	48	112	160	80	160
	n_{ij}	2	3	4	2	4	7	6	3	2	4	2	4
10	t_{ij}	168	120	144	48	96	128	48	32	288	144	48	96
	n_{ij}	7	5	3	2	3	4	2	4	3	64	2	3
11	t_{ij}	80	96	96	24	160	224	64	192	120	64	160	64
	n_{ij}	5	4	6	3	4	7	4	4	3	2	2	4
12	t_{ij}	96	64	48	16	400	80	48	112	64	48	160	80
	n_{ij}	6	4	2	2	5	2	3	2	2	3	4	2
13	t_{ij}	80	320	96	64	192	120	32	288	168	120	144	48
	n_{ij}	5	4	6	4	4	3	4	3	7	48	64	2
14	t_{ij}	64	336	144	48	112	64	24	160	64	96	96	24
	n_{ij}	2	7	6	3	2	2	3	4	4	4	6	3
15	t_{ij}	120	80	32	32	288	168	16	400	120	64	48	16
	n_{ij}	3	2	2	4	3	7	2	5	5	4	2	2
16	t_{ij}	288	144	48	80	160	48	144	16	80	320	96	64
	n_{ij}	3	6	2	2	4	3	6	2	5	4	6	4
17	t_{ij}	120	64	160	48	96	40	32	64	64	336	144	48
	n_{ij}	3	2	2	2	3	5	2	4	2	7	6	3
18	t_{ij}	64	48	160	48	64	96	96	48	120	80	32	32
	n_{ij}	2	3	4	2	4	4	6	3	3	2	2	4
19	t_{ij}	168	120	144	24	120	64	48	32	80	32	64	192
	n_{ij}	7	4	6	3	5	4	2	4	2	2	4	4
20	t_{ij}	64	96	96	64	160	320	96	24	96	96	48	112
	n_{ij}	4	4	6	2	2	4	6	3	7	6	3	2
21	t_{ij}	48	64	336	144	16	336	144	16	128	48	32	288
	n_{ij}	3	2	7	6	2	7	6	2	4	2	4	3
22	t_{ij}	64	120	80	32	64	80	32	64	224	64	192	120
	n_{ij}	4	3	2	2	4	2	2	4	7	4	4	3
23	t_{ij}	80	160	96	96	48	96	96	48	80	48	112	64
	n_{ij}	2	4	7	6	3	7	6	3	2	3	2	2

Закінчення табл. 4.10

Номер варіанта		Код робіт											
		3-13	13-14	14-15	11-15	4-6	4-7	6-8	6-9	8-9	4-7	7-10	10-11
24	t_{ij}	48	96	128	48	32	128	48	32	80	32	64	192
	n_{ij}	2	3	4	2	4	4	2	4	2	2	4	4
25	t_{ij}	24	160	224	64	192	224	64	192	96	96	48	112
	n_{ij}	3	4	7	4	4	7	4	4	7	6	3	2
26	t_{ij}	48	80	160	48	144	16	32	64	192	64	160	64
	n_{ij}	2	2	4	3	6	2	2	4	4	2	2	2
27	t_{ij}	160	48	96	40	32	64	96	48	112	48	160	48
	n_{ij}	2	2	3	5	2	4	6	3	2	3	4	3
28	t_{ij}	160	48	64	96	96	48	48	32	288	120	144	120
	n_{ij}	4	2	4	4	6	3	2	4	3	5	3	5
29	t_{ij}	144	24	120	64	48	32	96	24	160	24	80	24
	n_{ij}	6	3	5	4	2	4	6	3	4	3	5	3
30	n_{ij}	96	64	160	320	96	24	144	16	400	48	64	48
	t_{ij}	6	2	2	4	6	3	6	2	5	3	2	3

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Голованов, В. Н. Менеджмент трудовых ресурсов. Нормирование и разработка нормативов: учеб. пособие для студ. факультета заоч. обучения / В. Н. Голованов, А. Г. Осиевский, И. В. Кулишова. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2002. – 68 с.

Зеленков, А. В. Организация поточного производства: учеб. пособие по курс. и диплом. проектированию / А. В. Зеленков, С. С. Веприцкий, В. Г. Кучмиев. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 29 с.

Математичні моделі планування виробництва в аерокосмічній галузі: навч. посіб. з грифом МОН України / О. І. Лисенко, І. А. Скачкова, І. М. Кадикова, В. М. Красніков, І. В. Чумаченко. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2012. – 272 с.

Менеджмент организаций: учеб. пособие / А. Г. Осиевский, А. И. Лысенко, Ю. А. Романенков, И. В. Чумаченко. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2005.- 41 с.

Организация деятельности предприятия: учеб. пособие / А. В. Зеленков, Ю. А. Романенков, Л. В. Басова, В. Н. Иванова.– Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2004. – 31 с.

Организация производства и управление предприятием: учебник / под ред. О. Г. Туровца. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2005. –544 с.

Осієвський, О. Г. Основи менеджменту: навч. посіб. / О. Г. Осієвський, І. В. Чумаченко. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2007.- 128 с.

Плоткін, Я. Д. Організація і планування виробництва на машинобудівному підприємстві: навч. посіб./ Я. Д. Плоткін, О. К. Янушкевич. – Львів, 1996.

Разработка моделей СПУ в курсовом и дипломном проектировании: учеб. пособие / О. М. Пархоменко, Л. Н. Голованова, А. Г. Осиевский, З. В. Говорова. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 1987. – 25 с.

Сборник задач по курсу «Организация машиностроительного предприятия» / О. М. Пархоменко, Л. Н. Голованова, В. Д. Кравченко, А. Г. Осиевский, З. В. Говорова. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т»,1992. – 90 с.

Фатхутдинов, Р. А. Организация производства : учебник / Р. А. Фатхутдинов. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 672 с.

ЗМІСТ

ВСТУП……...3
1. НОРМУВАННЯ ПРАЦІ……..4
1.1. Задачі на визначення нормативів……4
1.2. Задачі для самостійної роботи……...12
1.2.1. Визначення норм часу аналітично-розрахунковим методом…12
1.2.2. Визначення норм часу аналітично-дослідним методом...……....14
1.2.3. Розрахунок норми часу і норми виробітку……17
1.3. Приклади розв’язання задач……20
1.3.1. Розроблення нормативів праці……20
1.3.2. Визначення норм часу аналітично-розрахунковим методом…26
1.3.3. Визначення норм часу аналітично-дослідним методом…….29
1.3.4. Розрахунок норми часу і норми виробітку……..31
2. УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ У ЧАСІ……33
2.1. Приклад розв’язання задачі……33
2.2. Задачі для самостійної роботи……35
2.3. Завдання для виконання розрахункової роботи……....37
3. ПОТОКОВЕ ВИРОБНИЦТВО……40
3.1. Приклади розв’язання задач……40
3.2. Задачі для самостійної роботи……52
3.3. Завдання для виконання розрахункової роботи……52
4. СІТКОВЕ ПЛАНУВАННЯ…….....56
4.1. Приклад розв’язання задачі……56
4.2. Задачі для самостійної роботи……61
4.3. Завдання для виконання розрахункової роботи……66
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК……70

Навчальне видання

Зеленков Андрій Вікторович
Момот Валерій Михайлович
Прончаков Юрій Леонідович
Марченко Наталя Ігорівна

ОРГАНІЗАЦІЯ Й УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ

Редактор А. М. Ємленінова

Зв. план, 2019
Підписано до друку 12.08.2019
Формат 60х84 1/16. Папір офс. № 2. Офс. друк
Ум. друк. арк. 4. Обл.- вид. арк. 4,5. Наклад 100 пр.
Замовлення 190 . Ціна вільна

Видавець і виготовлювач
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
http://www.khai.edu
Видавничий центр «ХАІ»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001