

ПРОДУКТИВНІСТЬ МЕХАНООБРОБЛЮЮЧИХ РТК

Мета: засвоїти навички розрахунку тривалості циклу роботи РТК, що функціонують в різноманітних структурно-технологічних умовах.

7.1. Короткі теоретичні відомості

7.1.1. Загальні положення

Однією із особливостей сучасного машино- і приладобудівного виробництва є його інтенсифікація та автоматизація на базі побудови нових технологічних структур обладнання з використанням промислових роботів (ПР). Останні при цьому виконують функції:

– допоміжного технологічного обладнання (ДТО):

- ♦ завантаження-розвантаження металоріжучих верстатів, штамтів, пресів і т.д.;
- ♦ кантування (переустанов) заготовок на одному обладнанні;
- ♦ міжопераційне транспортування заготовок і деталей тощо.

– основного технологічного обладнання (ОТО):

- ♦ складання, фарбування, зварювання і т.п.

Подібні типи систем обладнання отримали назву роботизованих технологічних (робототехнічних) комплексів (РТК).

РТК – це сукупність одиниць технологічного обладнання, промислового робота і засобів оснащення, що автономно функціонує та повторює багаторазові цикли.

Якщо до складу РТК входить один ПР, то він обслуговує одну одиницю або групу ОТО або виконує заключну технологічну операцію на одній робочій позиції. Якщо до РТК входить декілька ПР, то вони виконують взаємозв'язані або взаємодоповнюючі функції по виготовленню чи складанню виробів.

Одна із особливостей ТП, що реалізуються на РТК і називаються **роботизованими**, полягає в тому, що якщо до роботизації ТП міг бути побудований за принципом спільного розміщення однотипного ОТО, то в роботизованому

126

Визначити: чи обробляють встановлені на дільниці верстати кожну деталь послідовно чи кожен з верстатів виконує повний цикл обробки, функціонуючи паралельно, тобто проходить кожна деталь послідовно обробку на кожному з верстатів чи проходить повну обробку на одному верстаті ($N_f=4$)?

Розв'язок

1.1. Послідовна обробка.

Добовий випуск деталей при 2-змінній роботі:

$$P_{\text{посл}} = (1/T_{\text{ц}}) \cdot 60 \cdot 60 \cdot 16 = (1/8) \cdot 3600 \cdot 16 = 7200 \text{ (дет./добу)}$$

1.2. Паралельна обробка.

Добова продуктивність при заданих умовах:

$$P_{\text{парал}} = (1/T_{\text{ц}}) \cdot 60 \cdot 60 \cdot 16 \cdot N_f = (1/8) \cdot 3600 \cdot 16 \cdot 4 = 28800 \text{ (дет./добу)}$$

Оскільки норми випуску були встановлені понад 28000, робимо висновок: система працює за принципом паралельної обробки.

7.1.2.2. Приклад 2. Завантаження і розвантаження металоріжучого верстата роботом з одинарним та подвійним схватом

Умова: ПР, що зв'язаний з центральним конвеєром, завантажує та розвантажує верстат для обробки торців деталей. Окремі переходи мають наступну тривалість:

$T_{\text{забр}} = 2,6$ с – забрати деталь з конвеєра (включаючи середню тривалість очікування підходу деталі в позицію до захвату);

$T_{\text{к-в}} = 1,7$ с – перемістити руку робота від конвеєра до верстата;

$T_{\text{зав}} = 1,1$ с – завантажити деталь в верстат та відвести руку від верстата;

$T_{\text{ц}} = 24$ с – цикл обробки деталі на верстаті;

$T_{\text{розв}} = 0,8$ с – розвантажити верстат;

виробництві обов'язково виконується послідовне розміщення ОТО за ходом ТП, а часто суміщення виконання декількох операцій на ОТО з ЧПУ.

Як показує практика експлуатації РТК в різних предметних областях ефективність використовуваних ПР визначається підвищенням ступеня автоматизації технологічного обладнання, забезпеченням безпеки працюючих, вивільнення останніх від необхідності вручну маніпулювати предметами праці і ін.

Багато в чому ефективність використання ПР визначається застосуванням подвійних схватів на кожному з роботів. Під час роботи такого ПР одна половина схвату (чи один схват) утримує заготовку, в той час як інша половина (другий схват) затискає оброблену на верстаті деталь. Далі нова заготовка встановлюється на верстаті, що дозволяє зекономити час та обійтись без зайвого повернення до позиції захвату деталі роботом, під час якого МРВ простояє. Скорочення часу простою при завантаженні та розвантаженні підвищує продуктивність праці як кожного із матеріальних елементів РТК (верстата, ПР, засобів транспортування та ін.), так і РТК в цілому.

Аналіз використання ПР для завантаження-розвантаження технологічного обладнання набагато складніший при обслуговуванні одним ПР у заданій послідовності декількох одиниць ОТО. Ретельний аналіз тривалості окремих переходів та планування їх виконання дозволяють запрограмувати ПР на очікування виконання циклу відповідним обладнанням. При цьому ПР буде підходити до нього своєчасно, скорочуючи час простоювання в очікуванні завантаження та розвантаження.

7.1.2. Приклади визначення продуктивності і аналізу циклу роботи РТК

7.1.2.1. Приклад 1. Продуктивність роботизованої дільниці

Умова: роботизована дільниця, що складається з 4-х одиниць ОТО (фрезерних верстатів), 4-х ПР та наскрізного конвеєра для міжопераційного транспортування деталей, забезпечує тривалість циклу $T_{\text{ц}}=8$ с та при 2-змінній роботі ($T=16$ год) і випускає понад 28000 деталей за добу ($P_f=28000$ дет./добу).

127

- $T_{\text{в-к}} = 1,7$ с – перемістити руку робота від верстата до конвеєра;
- $T_{\text{вст}} = 0,3$ с – встановити деталь на конвеєрі;
- $T_{\text{р}} = 0,2$ Тс – час простоїв, що зв'язані з обслуговуванням, відновленням після збоїв елементів РТК та іншими причинами;
- $T = 8$ год. – тривалість робочої зміни.

Визначити: продуктивність роботи РТК вказаної структури при роботі ПР з одинарним та подвійним схватом.

Розв'язок.

2.1. При **одинарному схваті** припустимо, що ПР очікує закінчення роботи верстата для його розвантаження. Довільно прийнявши початок циклу обробки за початок циклу роботи системи, запишемо тривалість типової послідовності переходів та операцій:

- обробити деталь, с $T_{\text{ц}} = 24$;
- розвантажити верстат, с $T_{\text{розв}} = 0,8$;
- перемістити деталь до конвеєра, с $T_{\text{в-к}} = 1,7$;
- перемістити деталь на конвеєр, с $T_{\text{вст}} = 0,3$;
- забрати нову заготовку з конвеєра, с $T_{\text{забр}} = 2,6$;
- перемістити заготовку до верстата, с $T_{\text{к-в}} = 1,7$;
- завантажити верстат, с $T_{\text{зав}} = 1,1$;
- Разом, с $T_{\text{цф}} = 32,2$.

Випуск деталей за одну зміну при ефективності $E=0,8$ складає:

$$P_f = (1/T_{\text{цф}}) \cdot 60 \cdot 60 \cdot T \cdot E = (1/32,2) \cdot 60 \cdot 60 \cdot 8 \cdot 0,8 = 715 \text{ (дет./зміну)}$$

2.2. При **подвійному схваті** послідовність переходів буде наступна:

- обробити деталь, с $T_{\text{ц}} = 24$;
- розвантажити верстат, с $T_{\text{розв}} = 0,8$;
- завантажити верстат, с $T_{\text{зав}} = 1,1$;
- Разом, с $T_{\text{ц2}} = 25,9$.

128

129

Легко бачити, що при подвійному схваті такі переходи ПР, як переміщення до конвеєра ($T_{в-к}$), встановлення деталі ($T_{вст}$), захват нової заготовки ($T_{забр}$) та переміщення до верстата ($T_{к-в}$), можуть бути виконані під час виконання циклу обробки деталі на верстаті ($T_{ц}$) і тому не розглянуті в приведеній послідовності.

Випуск деталей за приведених вище умов рівний:

$$P2 = (1/T_{ц2}) \cdot 60 \cdot 60 \cdot T \cdot E = (1/25,9) \cdot 60 \cdot 60 \cdot 8 \cdot 0,8 = 890 \text{ (дет./зміну)}$$

Отже, подвійний захват дозволяє збільшити випуск деталей за зміну на:

$$\Delta P = P2 - P1 = 890 - 715 = 175 \text{ (дет./зміну)},$$

або на $175/715 = 24,5\%$ більше без придбання додаткового обладнання.

7.1.2.3. Приклад 3. Завантаження та розвантаження роботом з подвійним схватом швидкохідного преса для масового виробництва.

Умова: див. приклад 2, але $T_{ц} = 0,9$ с - тривалість циклу штамповки на механічному пресі.

Визначити продуктивність роботи РТК при роботі ПР з одинарним та подвійним схватом.

Розв'язок.

3.1. Одинарний схват.

Послідовність технологічних переходів та операцій (використовуючи дані з прикладу 2) наступна:

- тривалість циклу штамповки, с $T_{ц}$ = 0,9;
- розвантажити прес, с $T_{розв}$ = 0,8;
- перемістити деталь до конвеєра, с $T_{н-к}$ = 1,7;
- перемістити деталь на конвеєр, с $T_{вст}$ = 0,3;
- забрати нову заготовку з конвеєра, с $T_{забр}$ = 2,6;
- перемістити заготовку до преса, с $T_{к-п}$ = 1,7;
- завантажити заготовку під прес, с $T_{заг}$ = 1,1;
- Разом, с $T_{ц1}$ = 9,1.

Випуск деталей за зміну $T=8$ год. при прийнятій ефективності $E=0,8$:

$$P1 = (1/T_{ц1}) \cdot 60 \cdot 60 \cdot T \cdot E = (1/9,1) \cdot 60 \cdot 60 \cdot 8 \cdot 0,8 = 2531 \text{ (дет./зміну)}$$

3.2. Подвійний схват.

При використанні ПР з подвійним схватом для завантаження та розвантаження швидкохідного механічного преса робот не встигає виконати таку значну кількість переходів безпосередньо під час циклу штамповки, як це було при обслуговуванні МРВ в прикладі 2.

Отже, цикл штамповки буде виконуватись під час виконання роботом маніпуляцій за рахунок накладання складових тривалостей циклу. Тому запис виконання послідовності технологічного циклу штамповки доцільно починати з переходу "розвантажити штамп", оскільки операція штамповки відбувається під час виконання інших переходів і її тривалість не впливає на тривалість всього циклу штамповки:

- розвантажити прес, с $T_{розв}$ = 0,8;
- завантажити заготовку під штамп, с $T_{заг}$ = 1,1;
- перемістити деталь до конвеєра, с $T_{к-п}$ = 1,7;
- встановити деталь на конвеєр, с $T_{вст}$ = 0,3;
- забрати нову заготовку з конвеєра, с $T_{забр}$ = 2,6;
- перемістити заготовку до преса, с $T_{к-п}$ = 1,7;
- Разом, с $T_{ц2}$ = 8,2.

Випуск деталей за тих самих умов:

$$P2 = (1/T_{ц2}) \cdot 60 \cdot 60 \cdot T \cdot E = (1/8,2) \cdot 60 \cdot 60 \cdot 8 \cdot 0,8 = 2809 \text{ (дет./зміну)}$$

Збільшення випуску деталей за зміну в зв'язку з використанням подвійного схвату:

$$\Delta P = P2 - P1 = 2809 - 2531 = 278 \text{ (дет./зміну)},$$

або на $278/2531 = 11\%$ більше, що, однак, не так багато, як при більш тривалому циклі обробки, розглянутому в прикладі 2.

7.1.2.4. Приклад 4. Аналіз продуктивності роботи РТК при послідовному завантаженні роботом технологічного обладнання

Умова: в РТК (рис. 7.1) по обробці литих деталей диференціала автомобіля зафіксована наступна послідовність операцій:

- час обробки на першому (агрегатно-свердлувальному - АСВ) верстаті при свердлуванні отвору $\varnothing 5H7$ під штифт, хв $T_{АВС} = 9,1$;
- час обробки на другому (розточувальному - РВ) верстаті при розточуванні отвору $\varnothing 50H7$ під шестерню, хв $T_{РВ} = 9$;
- час обробки на третьому (свердлувальному - СВ) верстаті при свердлуванні отвору $\varnothing 50H9$ в проушині, хв $T_{СВ} = 5$;
- час зажиму деталі в схваті ПР, хв $T_{заж} = 0,1$;
- час на відпускання деталі в схваті ПР, хв $T_{відп} = 0,1$;
- час, хв. на переміщення схвату із однієї позиції в іншу вказано в табл. 7.1.

Таблиця 7.1
Таблиця часів переміщень схвату ПР між позиціями

З позиції	В позицію				
	ККЗ	АСВ	РВ	СВ	КСД
ККЗ	**	0,3	0,6	0,9	1,2
АСВ	0,3	**	0,3	0,6	0,9
РВ	0,6	0,3	**	0,3	0,6
СВ	0,9	0,6	0,3	**	0,3
КСД	1,2	0,9	0,6	0,3	**

Визначити: продуктивність роботи РТК.

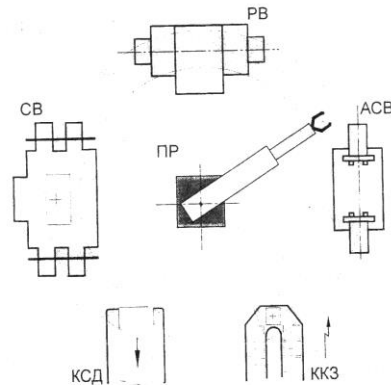


Рис. 7.1. Схема РТК для обробки литих деталей диференціала автомобіля: ККЗ - конвеєр кроковий для заготовок; АСВ - агрегатно-свердлувальний верстат; РВ - розточувальний верстат; СВ - свердлувальний верстат; КСД - конвеєр стрічковий для деталей.

Розв'язок.

Аналіз роботи і визначення продуктивності РТК починається із складання табл. 7.2, в яку занесено всі складові циклу. При цьому слід пам'ятати, що верстат не можна завантажувати заготовкою, поки він не закінчив обробку попередньої деталі.

Продовження табл. 7.2

19,2	PC	2		переміститись до СВ	0,3	19,5
19,5	СВ	2		завантажити СВ	0,1	19,6
19,6	СВ	2	1	обробка на СВ	5,0	24,6
19,6	СВ	2	1	переміститись до АСВ	0,6	20,2
20,3	АСВ	2	1	розвантажити АСВ	0,1	20,4
20,4	АСВ	2	1	переміститись до РВ	0,3	20,7
20,7	РВ	1		завантажити РВ	0,1	20,8
20,8	РВ	2	2	обробка на РВ	9,0	29,8
20,8	РВ	2	1	переміститись до ККЗ	0,6	21,4
21,4	ККЗ	2	1	забрати з ККЗ	0,1	21,5
21,5	ККЗ	2	1	переміститись до АСВ	0,3	21,8
21,8	АСВ	2	1	завантажити АСВ	0,1	21,9
21,9	АСВ	3	2	обробка на АСВ	9,1	31,0
21,9	АСВ	3	2	переміститись до СВ	0,6	22,5
24,6	СВ	3	2	розвантажити СВ	0,1	24,7*
24,7	СВ	3	2	переміститись до КСД	0,3	25,0
25,0	КСД	3	2	встановити на КСД	0,1	25,1
25,1	КСД	3	2	переміститись до РВ	0,6	25,7
29,8	РВ	3	2	розвантажити РВ	0,1	29,9
29,9	РВ	3	3	переміститись до СВ	0,3	30,2
30,2	СВ	3	3	завантажити СВ	0,1	30,3
30,3	СВ	3	2	обробка на СВ	5,0	35,3
30,3	СВ	3	2	переміститись до РВ/АСВ	0,6	30,9

Рядки в табл. 7.2, що відмічені зірочками, відповідають моментам циклу, коли позиція СВ (з найменшим часом обробки) розвантажена, довільно прийнятим за моменту початку та кінця циклу. Після того, як всі структурні елементи РТК завантажені, різниця між показами відліку для операції "завантажити СВ" відповідає тривалості циклу. Наприклад:

- покази відліку часу, коли ПР розвантажує СВ, звільняючи його від деталі 2, хв 35,4;
 - покази відліку часу, коли ПР розвантажує СВ, звільняючи його від деталі 1, хв 24,7.
- Тривалість циклу, хв $T_{\text{ц}} = 10,7$

Відзначимо, що тривалість циклу можна визначити, знаючи інші два показники відліку часу двох ідентичних операцій, після виходу РТК на нормальний режим роботи. Наприклад, можна вибрати перехід "переміститись до СВ".

- покази відліку часу для переходу "Переміститись до СВ", коли верстати обробляють деталі 4, 3, 2, 33,2;
 - покази відліку часу для переходу "Переміститись до СВ", коли верстати обробляють деталі 3, 2, 1, 22,5.
- Тривалість циклу, хв $T_{\text{ц}} = 10,7$

Продуктивність роботи РТК :

$$P = 60 / T_{\text{ц}} = 60 / 10,7 = 5,6 \text{ (дет./год.)}$$

Закінчення табл. 7.2

31,0	АСВ	3	2	розвантажити АСВ	0,1	31,1
31,1	АСВ	2	2	переміститись до РВ	0,3	31,4
31,4	РВ	2	2	завантажити РВ	0,1	31,5
31,5	РВ	3	2	обробка на РВ	9,0	40,5
31,5	РВ	3	2	переміститись до ККЗ	0,6	32,1
32,1	ККЗ	3	2	забрати з ККЗ	0,1	32,2
32,2	ККЗ	3	2	переміститись до АСВ	0,3	32,5
32,5	АСВ	3	2	завантажити АСВ	0,1	32,6
32,6	АСВ	4	3	обробка на АСВ	9,1	41,7
32,6	АСВ	4	3	переміститись до СВ	0,6	33,2
35,3	СВ	4	3	розвантажити СВ	0,1	35,4*

Таблиця 7.2

Таблиця аналізу тривалості складових циклу послідовного завантаження технологічного обладнання

Відлік часу	Позиція ПР	Стан перед початком переходу			Номери деталей, що обробляються на МРВ в момент початку відліку часу			Операція (перехід):		Залповане закінчення, хв
		АСВ	РВ	СВ	зміст	тривалість, хв				
0	ККЗ				забрати з ККЗ	0,1			0,1	
0,1	ККЗ				перемістити до АСВ	0,3			0,4	
0,4	АСВ				завантажити в АСВ	0,1			0,5	
Деталь										
0,5	АСВ	1			обробка на АСВ	9,1			9,6	
9,6	АСВ	1			розвантажити АСВ	0,1			9,7	
9,7	АСВ				переміститись до РВ	0,3			10,0	
10,0	СВ				завантажити РВ	0,1			10,1	
10,1	СВ		1		обробка на РВ	9,0			19,1	
10,1	СВ		1		переміститись до ККЗ	0,6			10,7	
10,7	ККЗ		1		забрати з ККЗ	0,1			10,8	
11,1	АСВ		1		переміститись до АСВ	0,3			11,1	
11,1	АСВ		1		завантажити АСВ	0,1			11,2	
11,2	АСВ	2	1		обробка на АСВ	9,3	9,1		20,5	
11,2	АСВ	2	1		переміститись до РВ	0,3			11,5	
19,1	РВ	2	1		розвантажити РВ	0,1			19,2	

7.1.2.5. Приклад 5. Аналіз продуктивності роботи РТК при послідовному завантаженні ТО (при скороченій тривалості обробки).

Умова: при роботі РТК (приклад 4, рис. 7.1) зафіксована наступна тривалість операцій:
 - час обробки на першому (АСВ) верстаті, хв. $T_{АСВ} = 2,0$;
 - час обробки на другому (РВ) верстаті, хв. $T_{РВ} = 1,0$;
 - час обробки на третьому (СВ) верстаті, хв. $T_{СВ} = 2,6$;
 - час, що витрачається на переміщення схвату робота з позиції в позицію, вказано в табл. 7.1

Визначити: продуктивність роботи РТК.

Розв'язок.

Цикл роботи РТК детально проаналізовано в табл. 7.3, що складена аналогічно до табл. 7.2.

Тривалість циклу дорівнює різниці наступних показників часу:

- покази відліку часу, коли ПР розвантажує СВ, звільняючи його від деталі 2, хв 12,8
- покази відліку часу, коли ПР розвантажує СВ, звільняючи його від деталі 1, хв 8,4

Тривалість циклу, хв $T_{ц} = 4,4$.
 Продуктивність:

$$P = 60 / T_{ц} = 60 / 4,4 = 13,6 \text{ (дет./год)}$$

Тривалість обробки на МРВ в прикладах 4- 5 була ретельно підбрана для ілюстрації зайнятості обладнання, що входить до складу РТК.

В прикладі 4 тривалість обробки на МРВ вплинула на загальну тривалість циклу роботи РТК, оскільки ПР доводилось очікувати завершення обробки на одному з верстатів.

В прикладі 5 тривалість обробки на кожному з трьох верстатів була малою і ПР майже не простоював. Тому в прикладі 5 тривалість циклу $T_{ц}$ скоротилась до часу, що необхідний ПР для виконання всіх складових циклу без урахування механічної обробки. Це можна перевірити для прикладу 5, складаючи час роботи робота за всіма складовими циклу, як це зроблено в табл. 7.4.

Таблиця 7.3

Аналіз тривалості складових циклу послідовного завантаження ПР технологічного обладнання за умови скорочення тривалості обробки

Відлік часу	Стан перед початком переходу			Операція (перехід):			Заплановане закінчення, хв
	ПР	АСВ	РВ	зміст	тривалість	тривалість	
0	ККЗ	СВ		Забрати заготовку з ККЗ	0,1	0,1	0,1
0,1	ККЗ			Переміститись до АСВ	0,3	0,4	0,4
0,4	АСВ			Завантажити АСВ	0,1	0,5	0,5
ДЕТАЛЬ							
0,5	АСВ	1		Обробка на АСВ	2,0	2,5	2,5
2,3	АСВ	1		Розвантажити АСВ	0,1	2,6	2,6
2,6	АСВ			Переміститись до РВ	0,3	2,9	2,9
2,9	РВ			Завантажити РВ	0,1	3,0	3,0
3,0	РВ	1		Обробка на РВ	1,0	4,0	4,0
3,0	РВ			Переміститись до ККЗ	0,0	3,0	3,0
3,6	ККЗ			Забрати заготовку з ККЗ	0,1	3,7	3,7
3,7	ККЗ			Переміститись до АСВ	0,3	4,0	4,0
4,0	АСВ	2		Завантажити АСВ	0,1	4,1	4,1
4,1	АСВ	2		Обробка на АСВ	2,0	6,1	6,1
4,1	АСВ	2		Переміститись до РВ	0,3	4,4	4,4
4,4	РВ	2		Завантажити РВ	0,1	4,5	4,5
4,5	РВ	2		Переміститись до СВ	0,3	4,8	4,8
4,8	СВ	2		Завантажити СВ	0,1	4,9	4,9
4,9	СВ	2		Обробка на СВ	2,6	7,5	7,5
6,1	АСВ	2		Переміститись до АСВ	0,1	6,2	6,2
6,2	АСВ	2		Розвантажити АСВ	0,3	6,5	6,5

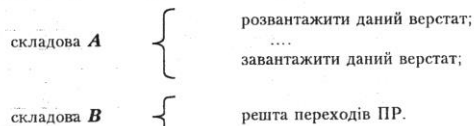
Закінчення табл. 7.3

6,5	РВ	1		Завантажити РВ	0,1	6,6
6,6	РВ	2		Обробка на РВ	1,0	7,6
6,6	РВ	2		Переміститись до ККЗ	0,6	7,2
7,2	ККЗ	1		Забрати з ККЗ	0,1	7,3
7,3	ККЗ	1		Переміститись до АСВ	0,3	7,6
7,6	АСВ	3		Завантажити АСВ	0,1	7,7
7,7	АСВ	3		Обробка на АСВ	2,0	9,7
8,3	РВ	3		Переміститись до СВ	0,6	8,3
8,4	СВ	3		Розвантажити СВ	0,1	8,4
8,4	СВ	3		Переміститись до КСД	0,3	8,4*
8,7	КСД	3		Розвантажити КСД	0,1	8,8
8,8	КСД	3		Переміститись до РВ	0,6	9,4
9,4	РВ	3		Завантажити РВ	0,1	9,5
9,5	РВ	3		Переміститись до СВ	0,3	9,8
9,9	РВ	3		Завантажити СВ	0,1	9,9
9,9	РВ	3	2	Обробка на СВ	2,6	12,5
10,3	АСВ	3	2	Переміститись до АСВ	0,6	10,5
10,6	АСВ	3	2	Розвантажити АСВ	0,1	10,6
10,9	РВ	3	2	Переміститись до РВ	0,3	10,9
11,0	РВ	3	2	Завантажити РВ	0,1	11,0
11,0	РВ	3	2	Обробка на РВ	0,6	11,6
11,6	ККЗ	3	2	Переміститись до ККЗ	0,1	11,7
11,7	ККЗ	3	2	Забрати з ККЗ	0,3	12,0
12,0	АСВ	3	2	Переміститись до АСВ	0,1	12,1
12,1	АСВ	3	2	Завантажити АСВ	2,0	14,1
12,1	АСВ	3	2	Обробка на АСВ	0,6	12,7
12,7	СВ	4	3	Переміститись до СВ	0,1	12,8*
	СВ	4	3	Розвантажити СВ		

Таблиця 7.4
 Визначення тривалості роботи робота при завантаженні технологічного обладнання (за прикладом 5)

Операція (перехід):		тривалість, хв
зміст		
Розвантажити СВ		0,1
Переміститись до КСД		0,3
Розмістити на КСД		0,1
Переміститись до РВ		0,6
Розвантажити РВ		0,1
Переміститись до СВ		0,3
Завантажити СВ		0,1
Переміститись до АСВ		0,6
Розвантажити АСВ		0,1
Переміститись до РВ		0,3
Завантажити РВ		0,1
Переміститись до ККЗ		0,6
Забрати з ККЗ		0,1
Переміститись до АСВ		0,3
Завантажити РВ		0,1
Переміститись до СВ		0,6
Всього		4,4

Весь цикл роботи ПР, приведений в таблиці 7.3, можна умовно розділити на дві основні складові **A** та **B**:



В табл. 7.5 довільно вибраний верстат СВ є основою для підрахунку складових циклу **A** та **B**. Але незалежно від того, який верстат обрано, **A** та **B** залишаться для даного прикладу постійними. В цьому можна переконатись, обравши основою для аналогічних розрахунків верстат РВ або АСВ, і отримати такі самі значення **A** та **B**, що й для СВ.

Легко бачити, що розрахунки за табл. 7.4 приводять до того самого результату, що отримано в прикладі 5. Це може значно полегшити розрахунки тривалості циклу $T_{ц}$ та продуктивності для переходів завантаження за допомогою ПР, так як табл. 7.4 значно простіша, ніж табл. 7.3. Однак слід зауважити, що табл. 7.4 не пояснює при якій максимальній тривалості механічної обробки можна проводити розрахунки $T_{ц}$, приймаючи до уваги лише час роботи робота. Це можна з'ясувати, користуючись наведеним нижче методом.

В тому випадку, коли час роботи робота в циклі не змінюється від верстата до верстата, виділення складових A та B та їх розрахунок значно полегшує розрахунки тривалості повного циклу роботи РТК та його продуктивності при послідовному завантаженню роботом ТО. Розрахунки в цьому випадку проводяться в наступній послідовності.

1. Підрахунок складових циклу A та B .
2. Визначення найбільшої тривалості обробки M серед усіх верстатів.
3. а) Якщо $M < B$, то тривалість циклу $T_{ц} = A + B$;
б) Якщо $M > B$, то $T_{ц} = A + M$.

Таблиця 7.5
Розрахунок складових A та B циклу роботи РТК (за прикладом 5)

Операція (перехід):		тривалість, хв
A=1,6 хв	зміст операції (переходу)	
	Розвантажити СВ	0,1
	Переміститись до КСД	0,3
	Розмістити на КСД	0,1
	Переміститись до РВ	0,6
	Розвантажити РВ	0,1
	Переміститись до СВ	0,3
	Завантажити СВ	0,1
	Переміститись до АСВ	0,6
	Розвантажити АСВ	0,1
B=2,8 хв	Переміститись до РВ	0,3
	Завантажити РВ	0,1
	Переміститись до ККЗ	0,6
	Забрати з ККЗ	0,1
	Переміститись до АСВ	0,3
	Завантажити РВ	0,1
	Переміститись до СВ	0,6
	Всього	4,4

142

Перевіримо сказане для прикладів 4 та 5.

Для прикладу 4: $A = 1,6$ хв;
 $B = 2,8$ хв;
 $M = 9,1$ хв;

Так як $M > B$, то $T_{ц} = A + M = 1,6 + 9,1 = 10,7$ хв.

Для прикладу 5: $A = 1,6$ хв;
 $B = 2,8$ хв;
 $M = 2,6$ хв;

Так як $M < B$, то $T_{ц} = A + B = 1,6 + 2,8 = 4,4$ хв.

Обидва результати точно відповідають отриманим раніше в прикладах 4 та 5. При цьому відсутній довготривалий аналіз складових циклу (табл. 7.2 та 7.3).

7.2. Вихідні дані

Таблиця 7.6

Вихідні дані варіантів індивідуальних завдань для виконання прикладу 1

№ варіанта	$T_{цс}$	$T_{год}$	P_1 , дет./добу	N_1 , верстатів
1	6	8	26000	3
2	7	16	27000	4
3	8	24	26000	5
4	9	8	25000	3
5	10	16	26000	4
6	11	24	27000	5
7	12	8	28000	4
8	11	16	29000	3
9	10	24	30000	5
10	9	8	29000	4
11	8	16	28000	3
12	7	24	27000	4
13	6	8	26000	3
14	7	16	27000	4
15	8	24	28000	4
16	9	8	30000	5
17	10	16	29000	4
18	11	24	32000	5
19	12	8	28000	4
20	11	16	29000	4
21	10	24	30000	5
22	9	8	25000	3
23	8	16	26000	3
24	7	24	81000	6
25	6	8	24000	3

143

Таблиця 7.7

Вихідні дані варіантів індивідуальних завдань для виконання прикладів 2, 3

№ варіанта	$T_{завт.с}$	$T_{к-с}$	$T_{завс.с}$	$T_{розс.с}$	$T_{с-ю}$	$T_{заст.с}$	$T_{ц}^*$	$T_{р1}$, % $T_{ц}$	$T_{г}$, год
1	2,5	1,5	1,0	0,7	1,5	0,2	20/0,7	15	8
2	2,6	1,6	1,1	0,8	1,6	0,3	21/0,8	20	16
3	2,7	1,7	1,2	0,9	1,7	0,4	22/0,9	25	24
4	2,8	1,8	1,3	1,0	1,8	0,5	23/1,0	20	16
5	2,9	1,9	1,4	1,1	1,9	0,4	24/1,1	25	8
6	3,0	2,0	1,5	1,1	2,0	0,3	25/1,0	20	16
7	3,1	2,1	1,4	0,9	2,1	0,2	26/0,9	25	24
8	3,0	2,2	1,3	0,8	2,2	0,3	27/0,8	20	16
9	2,9	2,1	1,2	0,7	2,1	0,4	28/0,7	15	8
10	2,8	2,0	1,1	0,8	2,0	0,5	27/0,8	20	16
11	2,7	1,9	1,0	0,9	1,9	0,4	26/0,9	25	24
12	2,6	1,8	1,1	1,0	1,8	0,3	25/1,0	20	16
13	2,5	1,7	1,2	1,1	1,7	0,2	24/1,1	15	8
14	2,6	1,6	1,3	1,0	1,6	0,3	23/1,0	20	16
15	2,7	1,5	1,4	0,9	1,5	0,4	22/0,9	25	24
16	2,8	1,6	1,5	0,8	1,6	0,5	21/0,8	20	16
17	2,9	1,7	1,4	0,7	1,7	0,4	20/0,7	15	8
18	3,0	1,8	1,3	0,8	1,8	0,3	21/0,8	20	16
19	3,1	1,9	1,2	0,9	1,9	0,2	22/0,9	25	24
20	3,2	2,0	1,1	1,0	2,0	0,3	23/1,0	20	16
21	3,3	2,1	1,0	1,1	2,1	0,4	24/1,1	15	8
22	3,2	2,2	1,1	1,0	2,2	0,5	25/1,0	20	16
23	3,0	2,3	1,2	0,9	2,3	0,4	26/0,9	25	24
24	2,9	2,4	1,3	0,8	2,4	0,3	27/0,8	20	16
25	2,8	2,5	1,4	0,7	2,5	0,2	28/0,7	15	8

Примітка: * - через '/' приведено значення $T_{ц}$ для розв'язування прикладу 3.

144

Таблиця 7.8

Вихідні дані варіантів індивідуальних завдань для виконання прикладів 4, 5

№ варіанта	$T_{СВ}$, хв	$T_{РВ}$, хв	$T_{СС}$, хв	$T_{зак} = T_{роз}$, хв	Перевідний коефіцієнт для визначення елементів матриці за табл. 7.1
1	8,7	8,9	3,5	0,20	1,1
2	8,8	9,0	4,0	0,15	1,2
3	8,9	9,1	4,5	0,10	1,3
4	9,0	9,2	5,0	0,15	1,4
5	9,1	9,3	5,5	0,20	1,5
6	9,0	9,4	6,0	0,15	1,4
7	8,9	9,5	5,5	0,10	1,3
8	8,8	9,4	5,0	0,15	1,2
9	8,7	9,3	4,5	0,20	1,1
10	8,5	9,2	4,0	0,15	1,0
11	8,4	9,1	3,5	0,10	1,1
12	8,3	9,0	3,0	0,15	1,2
13	8,2	8,9	3,5	0,20	1,3
14	8,1	8,8	4,0	0,15	1,4
15	8,0	8,7	4,5	0,10	1,5
16	9,2	8,6	5,0	0,15	1,0
17	9,3	8,7	5,5	0,20	1,1
18	9,4	8,8	6,0	0,15	1,2
19	9,5	8,9	5,5	0,10	1,3
20	9,6	9,0	5,0	0,15	1,4
21	9,7	9,1	4,5	0,20	1,5
22	9,8	9,2	4,0	0,15	1,4
23	9,9	9,3	3,5	0,10	1,3
24	9,0	9,4	3,0	0,15	1,2
25	9,1	9,5	6,0	0,20	1,1

Примітка: для прикладу 5 відповідні значення часів зменшити в 5 разів.

145

7.3. Хід виконання роботи

1. Ознайомитись з теоретичними відомостями.
2. Ознайомитись з ходом рішення прикладів 1 - 5, вихідні дані яких охоплюють різноманітні конструктивно-технологічні умови роботи РТК.
3. Розв'язати приклад 1 за умовами табл. 7.6.
4. Розв'язати приклад 2 за умовами табл. 7.7.
5. Розв'язати приклад 3 за умовами табл. 7.7.
6. Розв'язати приклад 4 за умовами табл. 7.8.
7. Розв'язати приклад 5 за умовами табл. 7.8.
8. Розв'язати приклади 4 та 5 з використанням скороченої методики визначення тривалості циклу $T_{ц}$.
9. Скласти звіт.

7.4. Зміст звіту

1. Назва та мета заняття.
2. Стислий виклад загальних теоретичних відомостей.
3. Визначення продуктивності обробки деталей на роботизованій ділянці, що функціонує за паралельною або послідовною схемами згідно вихідних даних індивідуальних завдань за табл.7.6 (аналогічно до прикладу 1).
4. Визначення продуктивності РТК при обслуговуванні металоріжучого верстата роботом з одинарним та подвійним схватом згідно вихідних даних індивідуальних завдань за табл.7.7 (аналогічно до прикладу 2).
5. Визначення продуктивності РТК при обслуговуванні ПР з подвійним схватом одиниці швидкодіючого технологічного обладнання згідно вихідних даних індивідуальних завдань за табл.7.7 (аналогічно до прикладу 3).
6. Аналіз продуктивності роботи РТК при послідовному завантаженні одним роботом декількох одиниць технологічного обладнання згідно вихідних даних індивідуальних завдань за табл.7.8 (аналогічно до прикладу 4).
7. Аналіз продуктивності роботи РТК при послідовному завантаженні одним роботом декількох одиниць технологічного обладнання при скороченні тривалості обробки, згідно вихідних даних індивідуальних завдань за табл.7.8 (аналогічно до прикладу 5).

8. Аналіз продуктивності роботи РТК з використанням скороченої методики визначення $T_{ц}$ (за умовами прикладів 4 та 5).

9. Аналіз отриманих результатів та стислі висновки щодо виконаних прикладів.

7.5. Контрольні запитання

1. Функції які може виконувати ПР в складі РТК.
2. Визначення РТК.
3. Продуктивність ділянки з декількох одиниць ОТО та одним ПР.
4. Порівняння продуктивності РТК, що обслуговується ПР з одинарним та подвійним схватом.
5. Особливості обслуговування ОТО з суттєво малим значенням основного часу ПР з подвійним та одинарним схватом.
6. Методики визначення продуктивності РТК при послідовному завантаженні роботом ОТО.
7. Порівняння продуктивності роботи РТК при послідовному завантаженні роботом ОТО при «звичайній» та скороченій тривалості обробки.
8. Зміст параметрів **A**, **B** та **M**, що використовуються при прискореному визначенні продуктивності роботи РТК.
9. Методика прискореного визначення продуктивності роботи РТК.