

Коноплянченко Є.В.,  
Герасименко В.О.,  
Колодненко В.М.,  
Ребрій А.М.,  
Рибенко І.О.

Сумський національний аграрний університет,  
40021, м. Суми, вул. Герасима Кондратьєва,  
160, каф. технічного сервісу, (0542) 62-78-35,  
E-mail: technology@i.ua

ТЕХНОЛОГІЧНО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ  
ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНИХ  
ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

УДК 62-503.56:621.717

*Розглянуто структуру часового технологічного ланцюга. Наведені математичні моделі елементів часової структури. На базі мікрорівневого аналізу операційної структури зазначені шляхи забезпечення раціонального функціонування технологічної системи в реальних умовах експлуатації.*

**Ключові слова:** автоматизовані виробничі системи, експлуатаційна надійність, часові технологічні ланцюги, часове резервування

Сучасний рівень технічного прогресу, вимоги до підвищення якості виробництва нової техніки, визначають необхідність удосконалення структури технологічного процесу складання (ТПС), так як складання є заключним і визначальним етапом виробничого процесу, що забезпечує технічні характеристики виробів і їхню якість. Відсутність інженерних методик розрахунків елементів часу технологічного процесу є однією з причин суб'єктивізму при виборі виробничої структури й оцінки ефективності системи в цілому. Тому рішення задачі раціональної побудови часової структури є актуальною задачею для машинобудування країни.

Час протікання виробничого процесу характеризується тривалістю виробничого циклу ( $T_{\text{ц}}$ ), часом простою робочих місць ( $t^{\text{пр}}$ ) і часом міжопераційного лежання предметів праці у виробництві ( $t^{\text{мо}}$ ). Усі три характеристики, особливо дві останні, сильно залежать від значення максимальної тривалості однієї з операцій, від середньої тривалості всіх операцій і від ступеня асинхронності тривалості операцій [1].

При проведенні наукових досліджень, були виявлені закономірності побудови часової структури ТПС у залежності від трудомісткості виконання складальних операцій [2]. Згідно їх розроблені математичні моделі утворення часу простою устаткування і часу міжопераційного лежання виробів праці у виробництві, які представлені залежностями (1) і (2) відповідно.

$$t_{ij}^{\text{пр}} = \begin{cases} t_{\text{max}} - t_i, & \text{при } t_{\text{max}} > t_i \\ 0, & \text{при } t_{\text{max}} < t_i \end{cases} \quad (1)$$

де  $t_{\text{max}} \in [t_1, t_i]$ ,  $j = 1, n$

$$t_{ij}^{\text{мо}} = \begin{cases} (t_{i+1} - t_{\text{max}}) \cdot (j-1), & \text{при } t_{\text{max}} < t_{i+1} \\ 0, & \text{при } t_{\text{max}} > t_i \end{cases} \quad (2)$$

де  $t_{\text{max}} \in [t_1, t_i]$ ,  $j = 1, n$

Згідно (1) і (2) визначені закономірності розподілу часу всередині ТПС, що дозволили виявити типові часові структури (табл.1).

**Методи досліджень.** Використовуючи розроблені математичні моделі часу прос-

тою устаткування і часу міжопераційного лежання, на підставі типових часових структур, з'являється можливість прогнозування ефекту експлуатації складальної системи в реальних виробничих умовах з урахуванням динаміки розвитку процесу складання. Тому що час простою устаткування і час міжопераційного лежання є як позитивними факторами, що підвищують надійність експлуатації, так і негативними факторами, що знижують ефективність експлуатації складальної системи та збільшують тривалість виробничого циклу, то з метою раціонального синтезу ТПС необхідно зробити комплексну оцінку наслідків присутності даних факторів у часовий складової технологічного процесу складання виробу.

Наявність на  $i$ -й стадії ТПС  $t_i^{np}$  і/чи  $t_i^{mo}$  є часовим резервом, що підвищує надійність експлуатації технологічної системи (ТС).

Для кількісної оцінки впливу сукупного резерву часу на надійність експлуатації ТС із показників, раціонально скористатися комплексним показником надійності експлуатації – коефіцієнтом готовності устаткування  $K_r$ . Даний вибір визначається сутністю показника, що дозволяє кількісно оцінити вплив часової складової, пов'язаної з проведенням робіт по відновленню на експлуатаційну надійність складальної системи в цілому. Розглянемо докладно структуру елементів  $K_r$ . Коефіцієнт готовності дорівнює відношенню часу експлуатації до сукупного часу експлуатації і часу позапланових ремонтів [3]. У таким чином  $K_r$  ТС можна представити у виді:

$$K_r = \frac{F_d}{F_d + T_{рем}}, \quad (3)$$

де  $F_d$  – дійсний річний фонд часу експлуатації устаткування, год ;

$T_{рем}$  - не суміщений час, затрачений на позапланові ремонти, зв'язані з відмовами устаткування, год .

$T_{рем}$  визначається залежністю:

$$T_{рем} = \Delta t_i^{відн} = \left[ ((M(t_i) - t_{ij} + \frac{\omega_i}{2}) + \Delta t_i^{над}) - (t_i^{np} + t_{ij}^{mo}) \right] \cdot \lambda_i, \quad (4)$$

де  $\omega$  – поле розсіювання часу виконання операції

$\Delta t_i^{над}$  – допуск на надійність виконання операції

$\lambda_i$  - потік відмов на  $i$ -ому устаткуванні.

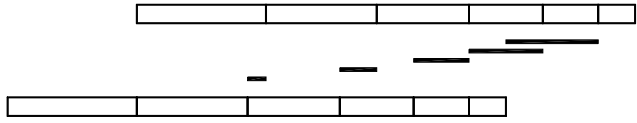
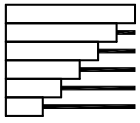
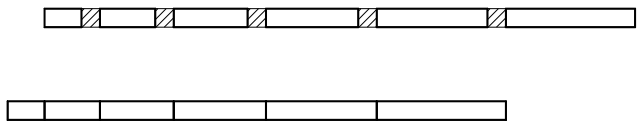
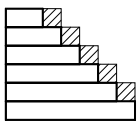
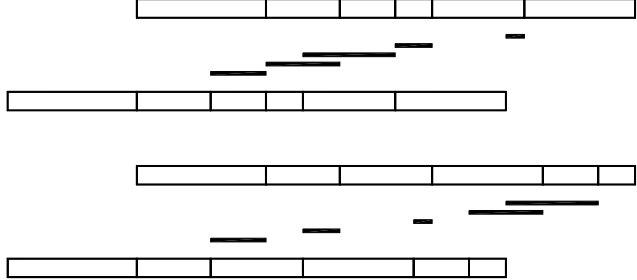
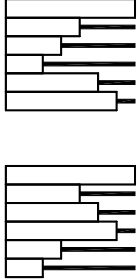
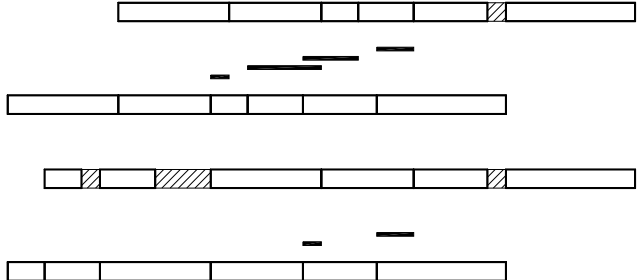
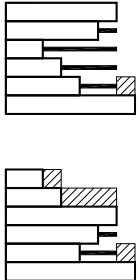

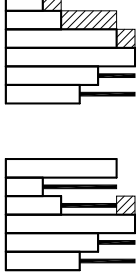
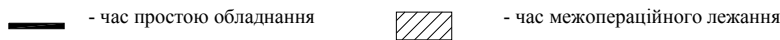
За умови, що  $M(t_i) \approx t_i$  і  $\Delta t_i^{над} \gg \omega/2$  формула (4) перетворюється в залежність:

$$\Delta t_i^{відн} = \left[ \Delta t_i^{над} - (t_i^{np} + t_{ij}^{mo}) \right] \cdot \lambda_i = (\Delta t_i^{над} - \Delta t_i^{рез}) \cdot \lambda_i$$

**Обговорення результатів.** Складова  $T_{рем}$  в залежності (3) з'являється в наслідок недостатнього сукупного резерву часу при виконанні  $i$ -ої операції складання або повної його відсутності див. рис. 1а.

У тому випадку, коли час відновлення після відмови на конкретній операції не виходить за межі сукупного часового резерву цієї операції, то наслідки відмови устаткування не впливають на ритмічність роботи технологічної системи (рис. 1б), що у край важливо в умовах автоматизованого виробництва. Але при цьому слід урахувувати вірогідність появи зони нівелювання, яка при оптимізації повинна зникнути. В прикладі, наведеному на рис. 1а неминуча відмова всієї технологічної системи через занадто малий часовий резерв.

Типові часові структури

Спосіб побудови :	Циклограма роботи	Вид структури
по спаданню		
по зростанню		
тах I -ша операція		
тах остання		
тах в середині		
		

Для раціональної організації виробництва необхідно в комплексі оцінювати вплив всіх елементів часу технологічного процесу, на економічні показники і показники надійності експлуатації, з огляду на наслідки мінімізації. Це дозволяє розкрити і використувати для забезпечення нормального функціонування систем внутрішні резерви (зокрема, часові), закладені в самих системах.

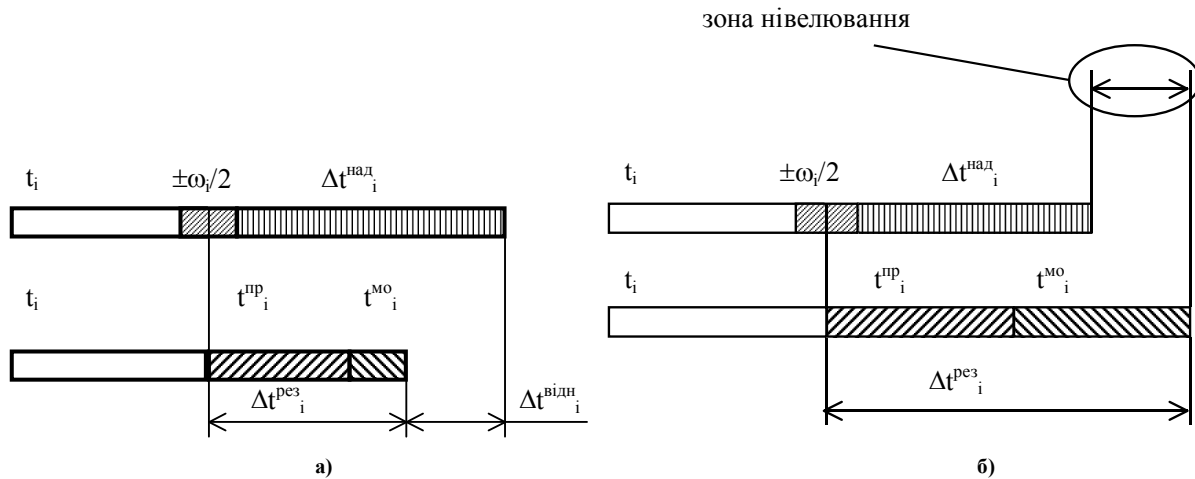


Рис.1 - Приклади впливу елементів часу операції на роботу ТС

В результаті досліджень була виведена математична модель надійності експлуатації ТС, що є функцією від часової складової ТПС і параметричної надійності елементів ТС. Підвищення експлуатаційної надійності ТС відбувається в наслідок накопичення часового резерву за рахунок збільшення  $T_{ц}$  при кожному входженні в ТПС.

Таким чином ми визначили, що наявність у часовій структурі ТПС часу міжопераційного лежання і часу простою устаткування може підвищувати надійність експлуатації складальної системи в цілому за рахунок введення частини часу виконання заходів по відновленню після відмови устаткування в діапазон резерву часу, пов'язаного з дискретністю ТПС.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що розроблений метод синтезу раціональних варіантів технологічних процесів складання виробів. Запропонований метод дозволяє на етапі підготовки виробництва класифікувати існуючі варіанти часових структур ТПС та визначити раціональний завдяки розробленому алгоритму. Отриманий в результаті дослідження метод може бути використаний при проектуванні нових ТПС на машинобудівних підприємствах та при аналізі структури процесу на раціональність побудови, що дозволить в повній мірі використовувати внутрішні резерви технологічної системи, зокрема часові.

### Література:

1. Konoplyanchenko, E. Rational syntheses of technological processes of assembly [Text] / E. Konoplyanchenko, N. Zakharov, O. Radchuk, V. Yaremenko // Technical Papers of ISA: Integrated Manufacturing Solutions Real-Time Manufacturing Strategies. – 2002. – Vol. 432. – P. 109–118.
2. Коноплянченко Е.В. Прикладное применение теории временных технологических цепей в процессах сборки изделий/Коноплянченко Е.В., Захаров Н.В.// Сборка в машиностроении и приборостроении, М.: Машиностроение.- №9(74), 2006. – С.3-11.
3. Коноплянченко Е. Особенности применения теории временных цепей на этапе реновации промышленного оборудования/ Коноплянченко Е., Колодненко В. // Naukowa konferencja IV LETNIA SZKOŁA INŻYNIERII POWIERZCHNI Kielce, 07-08.09.2010 (Poland)- C41-46.

## Summary

**Ie.Konoplianchenko, V.Gerasimenko, V.Kolodnenko, A.Rebriy, I.Ribenko.**  
Technological and organizational methods ensuring operational reliability of the automated industrial systems

*In modern industrial conditions different operations are carried out in different conditions, and consequently, with their various duration. Operation synchronization at large engineering distinction of producing items is especially difficult and in many cases even impossible. At different duration each pair of adjacent operations absorbs or accumulates stock, if it is not available item storage or equipment standstill will be observed. Stock storage needs interpreting stores. However, store using essentially contradicts the requirement of manufacture continuity because the industrial areas and production cycle duration increase.*

*The novelty of the approach to the analysis and maintenance of the reliability of technological process consists in «weighing» refusals according to the expenditure of time. It allows to open and use for maintenance of normal functioning of systems internal reserves (time in particular), incorporated in systems themselves, deeper penetration into the essence of the researched processes of functioning allows to reveal and to prove new, effective methods of maintainiry the reliability of complex systems in real conditions of operation.*

*Changing an organization of moving the products during constantly brings about one and same results: changes a total idle time values of equipment, changes duration of production cycle, and changes a total wait time of items that brings about work-in process change. The analysis of time structures of technological processes has allowed choosing typical structures, which are appropriate to various kinds of specialization of manufacture. The interrelation of time, reliability and cost parameters is considered and the ways of optimization of time technological chains are specified.*

**Keywords:** *automated production systems, operational reliability, time process chains, time reservation.*

## References

1. Konoplyanchenko, E. Rational syntheses of technological processes of assembly [Text] / E. Konoplyanchenko, N. Zakharov, O. Radchuk, V. Yaremenko // Technical Papers of ISA: Integrated Manufacturing Solutions Real-Time Manufacturing Strategies. – 2002. – Vol. 432. – P. 109–118.
2. Konoplyanchenko E.V. Prikladnoe primeneniye teorii vremennyih tehnologicheskikh tsepey v protsessah sborki izdeliy/Konoplyanchenko E.V., Zaharov N.V.// Sbornik v mashinostroenii i priborostroenii, M.: Mashinostroenie.- #9(74), 2006. – S.3-11.
3. Konoplyanchenko E. Osobennosti primeneniya teorii vremennyih tsepey na etape renovatsii promyshlennogo oborudovaniya/ Konoplyanchenko E., Kolodnenko V. // Naukowa konferencja IV LETNIA SZKOŁA INŻYNIERII POWIERZCHNI Kielce, 07-08.09.2010 (Poland) - C41-46.