

Є.В. КОНОПЛЯНЧЕНКО, О.В. РАДЧУК, В.П. ЯРЕМЕНКО,  
В.М. КОЛОДНЕНКО

**НЕОБХІДНІСТЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ РОЗБИРАННЯ ВИРОБІВ  
ОПТИМІЗАЦІЄЮ ЧАСОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛАНЦЮГІВ**

The structure of time technological chains is considered. The mathematical models of elements of time structure and technological process are submitted. On base micro-level of the analysis of operational structure the paths of provision of rational operation of technological system in real conditions of maintenance are specified.

Життєвий цикл виробу містить кілька етапів, у тому числі – підготовка виробництва, виготовлення, експлуатація, ремонт та утилізація. На етапі конструкторської та технологічної підготовки виробництва закладаються основні характеристики в конструкцію виробу, які впливають на ефективність його виробництва, використання, ремонту, утилізації (рис. 1).



Рис. 1 – Взаємозв’язок технологічних показників на різних етапах життєвого циклу виробів

Аналіз сучасних технологій ремонту машин показує значне відставання рівня технологічного оснащення та технологій, що використовуються на виробничому та ремонтному підприємствах. Однією з причин такого положення є відсутність методик синтезу оптимальних технологічних процесів ремонту. Складність рішення задач висока у зв’язку з тим, що

оригінальний не тільки шлях до місця дефекту, але і технологія відновлення елемента, що вийшов з ладу. Це пов’язане з випадковістю появи дефекту і різною надійністю складових частин машини.

Значний обсяг складально-розбиральних робіт у трудомісткості ремонту, низький рівень їхньої механізації та автоматизації приводять до значних простоїв дорогого технологічного устаткування. Керування працездатністю засобів технологічного оснащення є однією з найскладніших задач промислового виробництва.

Одним з напрямків забезпечення працездатності таких систем є оптимізація часових технологічних ланцюгів розбирання виробів.

Аналіз науково-технічної літератури і практики виробництва вказує на те, що при визначенні послідовності розбирання інколи використовується технологічна схема складання виробу.

В складальному виробництві якісно різні операції виконуються за різними законами, протікають у різних умовах, отже, з різною тривалістю їхнього виконання. Таким чином, при різній тривалості суміжні операції або поглинають, або накопичують оборотний заділ, що у свою чергу приводить до простою устаткування, або до міжопераційного лежання деталей у черзі перед устаткуванням. Виходи устаткування з ладу приводять до зміни часу виконання операції, накладаючи ряд обмежень на протікання технологічного процесу.

Час протікання технологічного процесу (ТП) складання характеризується тривалістю виробничого циклу ( $T_{\text{ц}}$ ), часом простою робочих місць ( $t_{\text{пр}}$ ) і часом лежання предметів праці у виробництві ( $t_{\text{м. о.}}$ )[1]. Всі 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.

У результаті проведених досліджень були розроблені математичні моделі складових елементів часової структури (1), (2). Це дозволило визначити закономірності розподілу часу всередині ТП і виявити типові часові структури [2], у яких в якості  $t_i$  виступає час виконання  $i$ -ї операції на  $i$ -ім обладнанні.

$$t_{ij}^{np} = \begin{cases} t_{\max} - t_i, & \text{нпу } t_{\max} \text{ ф } t_i \\ 0, & \text{нпу } t_{\max} \text{ п } t_i \end{cases},$$

де  $t_{\max} \in [t_1, t_{(i-1)}]$ ,  $j = 1, n$

$$t_{ij}^{M.O.} = \begin{cases} (t_{i+1} - t_{\max}) \cdot (j-1), & \text{нпу } t_{\max} \text{ п } t_{i+1} \\ 0, & \text{нпу } t_{\max} \text{ ф } t_i \end{cases},$$

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

При наявності в часовій структурі паралельних ланцюгів (вузлових складань) її побудова відбувається з урахуванням лімітних операцій з максимальною тривалістю.

Для паралельних ланцюгів коригування структури відбувається згідно залежностей:

$$t_{ij}^{MO'} = \begin{cases} (t_{\max} - t_i) \cdot (j-1), & \text{нпу } t_{\max} \mathbf{f} t_i' \\ 0, & \text{нпу } t_{\max} \mathbf{p} t_i' \end{cases},$$

де  $t_{\max} \in [t_1, t_2]$ ,  $j = 1, n$

$$\Delta t_{ij}^{M.O.} = \begin{cases} (t_i' - t_{\max}) \cdot (j-1), & \text{нпу } t_{\max} \mathbf{p} t_i' \\ 0, & \text{нпу } t_{\max} \mathbf{f} t_i' \end{cases},$$

де  $t_{\max} \in [t_1, t_{(i+1)}]$ ,  $j = 1, n$

Використовуючи розроблені математичні моделі часу простою устаткування і часу міжопераційного лежання, на підставі типових часових структур [3], з'являється можливість прогнозування ефекту експлуатації технологічної системи в реальних виробничих умовах з урахуванням динаміки розвитку процесу розбирання. Так як час простою устаткування і час міжопераційного лежання є як позитивними факторами, що підвищують надійність експлуатації, так і негативними факторами, що знижують ефективність експлуатації технологічної системи та збільшують тривалість виробничого циклу, то з метою раціонального синтезу ТП необхідно зробити комплексну оцінку наслідків присутності даних факторів у часовий складової технологічного процесу розбирання виробу.

Наявність на і-й стадії ТП  $t^{np}$  і/чи  $t^{mo}$  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  $K_g$ . Даний вибір визначається сутністю показника, що дозволяє кількісно оцінити вплив часової складової, пов'язаної з проведенням робіт по відновленню на експлуатаційну надійність технологічної системи в цілому. Розглянемо докладно структуру елементів  $K_g$ . Коефіцієнт готовності дорівнює відношенню часу експлуатації до сукупного часу експлуатації і часу позапланових ремонтів [2]. У таким чином  $K_g$  ТС можна представити у вигляді:

$$K_g = \frac{F_o}{F_o + T_{рем}}, \quad (5)$$

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

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

$T_{рем}$  визначається залежністю:

$$T_{рем} = \Delta t_i^{vidn} = \left[ ((M(t_i) - t_{ij} + \frac{\omega_i}{2}) + \Delta t_i^{nad}) - (t_i^{np} + t_{ij}^{mo}) \right] \cdot \lambda_i, \quad (6)$$

де  $w$  – поле розсіювання часу виконання операції

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

$I_i$  - потік відмов на і-ому устаткуванні.

За умови, що  $M(t_i) \approx t_i$  і  $\Delta t^{nad} \gg \omega/2$  формула (6) перетворюється в залежність:

$$\Delta t_i^{vidn} = [\Delta t_i^{nad} - (t_i^{np} + t_{ij}^{mo})] \cdot \lambda_i = (\Delta t_i^{nad} - \Delta t_i^{pez}) \cdot \lambda_i$$

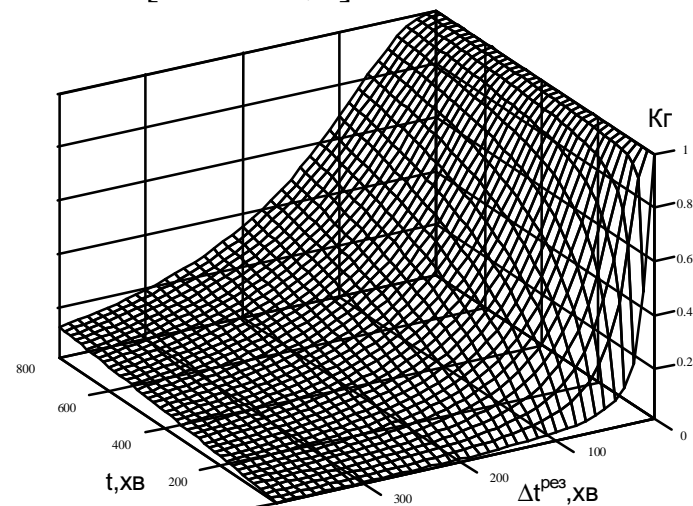


Рис. 2 – Залежність надійності експлуатації від резерву часу

Складова  $T_{рем}$  в залежності (5) з'являється в наслідок недостатнього сукупного резерву часу при виконанні і-ої операції складання або повної його відсутності див. рис.3а.

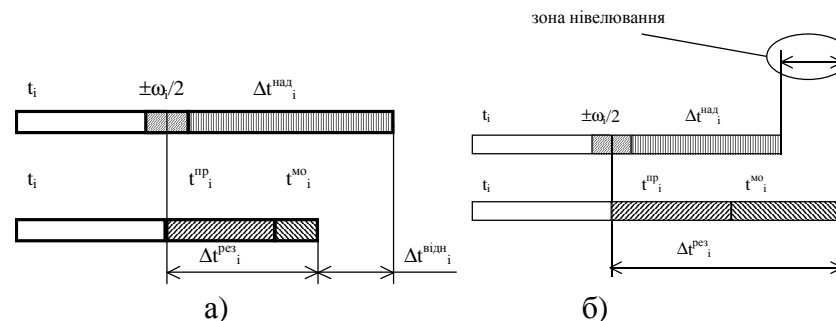


Рис. 3 – Приклади впливу елементів часу операції на роботу ТС

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. 3б), що у край важливо в умовах автоматизованого виробництва. Але при цьому слід урахувати вірогідність появи зони нівелювання, яка при оптимізації повинна зникнути. В прикладі, наведеному на рис. За неминуча відмова всієї технологічної системи через занадто малий часовий резерв.

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

Запропонований метод дозволяє на етапі підготовки виробництва класифікувати існуючі варіанти часових структур ТП та визначити раціональний завдяки розробленому алгоритму. Отриманий в результаті дослідження метод може бути використаний при проектуванні нових ТП на машинобудівних підприємствах та при аналізі структури процесу на раціональність побудови, що дозволить в повній мірі використовувати внутрішні резерви технологічної системи, зокрема часові.

Але технологічну схему складання виробу доцільно використовувати при повному розбиранні виробу. При частковому розбиранні виробу, до деталі, що вийшла з ладу, необхідні методи, які оптимізують технологічний процес розбирання, зокрема, по технологічній собівартості.

Відомо, що повне розбирання устаткування при ремонті небажане, тому що при цьому порушуються відповідальні з'єднання, ушкоджуються працездатні деталі. Тому при ремонті важлива як правильна дефектація так і вибір оптимального шляху до вузла або деталі, що вийшла з ладу і вибір раціональних засобів технологічного оснащення для виконання розбірних робіт.

Для вибору оптимального складу операцій та операційного комплексу (ОК) технологічного процесу розбирання будують мережеву модель переходу від виробу в зборі ( $S_{и}$ ) до дефектного розібраного місця ( $S_{к}$ ).

Вершини графа відповідають ОК, ребра мають вагові характеристики - технологічну собівартість виконання операції. На одному рівні знаходяться ОК, що можуть бути використані на даному етапі технологічного процесу.

На рис. 4 представлена мережева модель технологічного процесу розбирання. Використовуючи програму оптимізації методом лінійного програмування вибирається оптимальний у заданих умовах варіант.

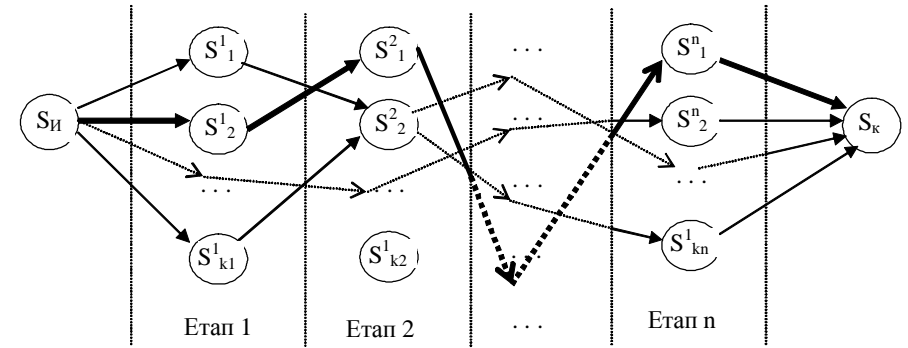


Рис. 4 – Мережева модель технологічного процесу розбирання

На сьогодні варіантність рішення задачі розбирання, через обмежену кількість різновидів ОК для виконання розбірних операцій, невелика. Тому задачу оптимізації вирішують методом лінійного програмування. При збільшенні кількості альтернативних ОК задача вирішується методом динамічного програмування.

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.

Підводячи підсумок можна констатувати, що питання забезпечення ефективної роботи технологічних систем за рахунок оптимізації часових технологічних ланцюгів досить потужно висвітлені на етапі виробництва виробів, але питання дослідження законів розподілу часових характеристик процесу на етапі ремонту та утилізації виробу потребують подальшого розвитку та вивчення.

Список літератури: 1. Конопляченко Е.В., Захаров Н.В. Прикладное применение теории временных технологических цепей в процессах сборки изделий// Сборка в машиностроении и приборостроении, №9, 2006. С. 5-9. 2. Конопляченко Е.В., Радчук О.В., Яременко В.П. Обеспечение надежности эксплуатации технических систем технологическими методами// Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. Науч.-техн. сб. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2007.- Вып.72. – С.115-119. 3. Конопляченко Е.В., Радчук О.В., Никоноров С.Г. Повышение надежности технологических систем разборки изделий с жестким временным допуском// Вісник НТУ «ХПІ». Зб. наук. праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. - №4 – С.36-41.

Поступила в редколлегию 15.05.2008