

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ В РЕМОНТНЫХ МЕТОДАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ**

**Коноплянченко Е.В., к.т.н., доц., Герасименко В.А., к.ф.-м.н, доц.  
Колодненко В.Н., ст. викладач**

*Сумской национальный аграрный университет*

Рассмотрены задачи обеспечения работоспособности технологических систем в условиях жесткого временного допуска на выполнение операций. Указаны проблемы и описаны пути оптимизации временных структур на этапе ремонта и модернизации оборудования.

### **Введение**

В современном производстве, при реновации промышленного оборудования, перед разработчиками нередко стоят задачи обеспечения работоспособности технологических систем (ТС) разборки в условиях жесткого временного допуска на выполнение операций. Данное ограничение, как правило, вызвано спецификой условий эксплуатации изделий. Одним из направлений обеспечения надежности таких систем является оптимизация временных технологических цепей разборки изделий.

### **Постановка задачи**

Суть подхода состоит в том, что качественно различные операции выполняются по различным законам, протекают в различных условиях, следовательно, с различной длительностью их выполнения. Таким образом, при различной длительности смежные операции либо поглощают, либо накапливают оборотный задел, что в свою очередь приводит к простоям оборудования, либо к межоперационному пролеживанию деталей в очереди перед оборудованием [1]. Кроме того, в реальных условиях производства продолжительность одинаковых по природе, но повторяющихся операций отличается одна от другой. А поскольку все операции связаны друг с другом во времени, то каждое отклонение продолжительности операции, выходящее за установленный допуск, вносит погрешности, нарушающие нормальный ход технологического процесса (ТП).

Время протекания производственного процесса характеризуется продолжительностью производственного цикла (Тц), временем простоя рабочих мест ( $t^{пр}$ ) и временем пролеживания предметов труда в производстве ( $t^{м.о.}$ ). Все три характеристики, в особенности две последние, зависят от значения максимальной продолжительности одной из операций, от средней продолжительности всех операций и от степени асинхронности продолжительностей операций [2].

## Методика исследований

В результате проведенных научных исследований были разработаны математические модели составных элементов временной структуры (1), (2).

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

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

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

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

Это позволило определить закономерности распределения времени внутри ТП и выявить типовые временные структуры [1], в которых в качестве  $t_i$  выступает время выполнения  $i$ -ой операции.

Наличие на  $i$ -ой стадии ТП  $t^{pp}$  и/или  $t^{m.o.}$  является временным резервом, который повышает надежность эксплуатации ТС. Используя данные типовые временные структуры появилась возможность синтезировать рациональный технологический процесс разборки изделий с учетом специфики выполнения операций по времени и надежности технологической системы в целом.

В качестве критерия оценки надежности был принят комплексный показатель – коэффициент готовности оборудования  $K_g$ , равный отношению времени эксплуатации ( $F_d$ ) к совокупному времени эксплуатации и времени внеплановых ремонтов ( $F_d + T_{рем}$ ).

На рисунке 1 представлена структура временных элементов на  $i$ -ой операции разборки.

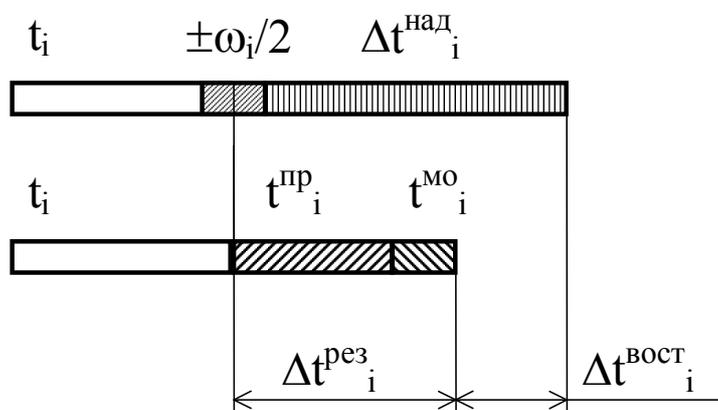


Рис.1. Структура элементов времени на  $i$ -ой операции

В данном случае:

$$T_{\text{рем}} = \Delta t_i^{\text{вост}} = \left[ \left( (M(t_i) - t_{ij} + \frac{\omega_i}{2}) + \Delta t_i^{\text{над}} \right) - (t_i^{\text{пр}} + t_{ij}^{\text{мо}}) \right] \cdot \lambda_i,$$

где  $\lambda_i$  - поток отказов на  $i$ -ом оборудовании,  $M(t_i)$  – математическое ожидание времени выполнения операции;  $\omega_i$  – поле рассеивания времени выполнения операции.

При условии, что  $M(t_i) \approx t_i$  и  $\Delta t_{\text{над}} \gg \omega_i/2$

$$\Delta t_i^{\text{вост}} = \left[ \Delta t_i^{\text{над}} - (t_i^{\text{пр}} + t_{ij}^{\text{мо}}) \right] \cdot \lambda_i = (\Delta t_i^{\text{над}} - \Delta t_i^{\text{рез}}) \cdot \lambda_i$$

Элементы  $t_i^{\text{пр}}$  и  $t_{ij}^{\text{мо}}$  являются пополняемым временным резервом при выполнении операций. Кроме того  $t_i^{\text{мо}}$  – накапливаемый резерв времени.

Наработка на отказ такой системы, за период эксплуатации  $t_{\text{экс}}$ , можно изобразить в виде графика расходования резерва времени  $t_p$  (рис. 2).

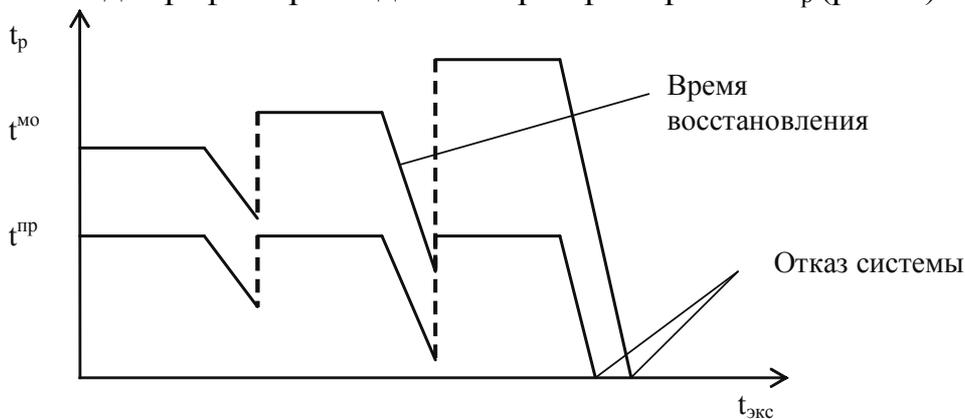


Рис.2. Нарботка на отказ системы с резервом времени

С другой стороны, в реальных производственных условиях, в период эксплуатации изделий, может меняться как тип входящих в него соединений, так и степень воздействия изделий на окружающую среду (химическая, радиологическая, бактериологическая опасность и т.д.), что непременно приводит к изменению набора задействованных при реновации методов. Сложность решения данной задачи высока в связи с тем, что оригинален не только путь к месту дефекта, но и технология восстановления вышедшего из строя элемента машины. Это связано со случайностью появления дефекта по причине различной надежности составных частей машины [3].

Предлагаемый подход основан на формализации временной составляющей процесса разборки изделий учитывающей влияние условий их эксплуатации.

Период эксплуатации изделия выступает как функция, зависящая от ряда факторов:  $t$  – времени эксплуатации;  $u$  – условий эксплуатации;  $v$  - степени остаточного воздействия на окружающую среду. Фактор времени – за длительное время эксплуатации деталей даже в нормальных условиях происходит изменение вида соединения, связанное например, с износом пар трения, изменения физических свойств деталей находящихся в контакте (пересыхание резиновых уплотнений, намагничивание поверхности контакта и т.д). Фактор условий эксплуатации – воздействие агрессивной среды, запылен-

ность рабочей зоны, термовоздействие, тяжелые нагрузки, эксплуатация в условиях жесткого излучения (повышенная радиация), химическое, бактериологическое и др. виды заражения. Фактор степени остаточного воздействия на окружающую среду – определяет степень последствий воздействия неблагоприятных условий эксплуатации на изделие в целом, и входящие в него детали в частности (взрывоопасность, остаточная радиационное излучение, биологическая опасность и т.д.).

Все вышеуказанные факторы, по отдельности и в своей совокупности, оказывают влияние на трансформацию видов соединений и генерацию последовательности частичной разборки изделий до вышедшей из строя детали. Как следствие, это приводит к изменению допуска времени на выполнение операции ( $\Delta t^{lim}$ ) и изменению вида временной структуры. Кроме того, выбор производственных условий и средств технологического оснащения на ремонтном предприятии также зависит от совокупного влияния этих факторов.

### Результаты исследований

Множество решений данной задачи на качественном уровне описывается уравнением (необходимое условие):

$$\forall_{\psi \in \Psi} R_{\psi} = \{ R \mid \gamma_R^{min} \leq \gamma_R \leq \gamma_R^{max} \},$$

т.е. для всех существующих вариантов решения задачи (совокупности технологий) заложенные критерии по качеству процесса должны находиться в области допустимых значений  $\lambda_{p_0}^{min} \leq \lambda_{p_0} \leq \lambda_{p_0}^{max}$ , по прогнозированию вероятности бездефектной разборки ответственных изделий, по обеспечению заданной точности, герметичности и т.п. Кроме того, одним из приоритетных критериев является экологическая безопасность доступа к деталям, которые работают в условиях опасных для человека и/или окружающей среды.

Решением задачи на технологическом уровне (достаточное условие):

$$\exists_{\xi \in \theta} R_{\xi} = \bigcap_{\psi=1}^{\chi} R_{\psi} \vee \exists_{\phi=1}^{\varphi} M_{\phi} \vee \exists_{\zeta=1}^{\chi} STO_{\zeta} \vee \exists_{\varepsilon=1}^{\tau} TP_{\varepsilon},$$

где  $\exists_{\xi \in \theta} R_{\xi}$  – существующий вариант решения задачи;

$\bigcap_{\psi=1}^{\chi} R_{\psi}$  – совокупность вариантов решения задачи, удовлетворяющих необходимому условию;

$\exists_{\phi=1}^{\varphi} M_{\phi}$  – наличие методов решения задачи для каждого варианта;

$\exists_{\zeta=1}^{\chi} STO_{\zeta}$  – наличие средств технологического оснащения, способных реализовать необходимые методы;

$\exists_{\varepsilon=1}^{\tau} TP_{\varepsilon}$  – наличие необходимых технологических режимов для средств технологического оснащения под каждый метод.

## Выводы

Применение предлагаемого подхода позволит повысить качество процесса ремонта и модернизации сложной современной техники, тем самым продлить ее ресурс, а внедрение формализованной методики в условиях реального производства повысит уровень и эффективность использования имеющихся средств технологического оснащения.

### Список использованных источников

1. Коноплянченко Е. Особенности применения теории временных цепей на этапе реновации промышленного оборудования /Коноплянченко Е., Колодненко В.// Naukowa konferencja IV LETNIA SZKOŁA INŻYNIERII POWIERZCHNI Kielce, 7-8.10.2010 (Poland)- С.41-46.
2. Коноплянченко Е.В.Обеспечение качества процесса реновации машин внедрением ресурсосберегающих технологий их разборки/ Коноплянченко Е.В., Колодненко В.Н. // Вісник Сумського національного аграрного університету, Вип. 2(22), 2010.- С.15-19.
3. Коноплянченко Е.В. Обеспечение ресурсосбережения сложной техники на этапе ремонта направленным выбором технологии ее разборки/ Коноплянченко Е.В. // Вісник ХНТУСГ. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. – Харків: ХНТУСГ. – 2010. – Вип. 100 – С.317- 321.

### Аннотация

#### **ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛАНЦЮГІВ У РЕМОНТНИХ МЕТОДАХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНОЇ ТЕХНІКИ**

**Коноплянченко Є.В., Герасименко В.О., Колодненко В.М**

*Розглянута задача забезпечення працездатності технологічних систем в умовах жорсткого часового допуску на виконання операцій. Зазначено проблеми та описані шляхи оптимізації часових структур на етапі ремонту і модернізації устаткування.*

### Abstract

#### **PRACTICAL ASPECTS OF TIME TECHNOLOGICAL CHAINS APPLICATION IN REPAIR METHODS OF COMPLEX TECHNICAL EQUIPMENT RELIABILITY PROVISION**

**Konoplyanchenko E.V., Gerasimenko V.A., Kolodnenko V.N.**

*Problems of technological systems functionability assurance in conditions of the rigid time admission on performance of operations are considered. Problems are specified and ways of time structures optimization at the equipment repair and modernization stage are described.*