

УДК 519.87: 658.52.011.56

О.В. Филипович, доцент, канд. техн. наук;

Севастопольский национальный технический университет, Севастополь, Украина,
ул. Университетская, 33, Севастополь, Украина, 99053;

E-mail: fov@sevgtu14.sebastopol.ua

В.А. Тараненко, профессор, д-р техн. наук;

Технический университет г. Люблин, Польша,
ул. Надбыстрижская, 36, Люблин, Польша, 20-618

Л. Мазурек, магистр

Государственный колледж, г. Хелм,
ул. Почтовая, 54, Хелм, Польша, 22-100;

E-mail: lmazurek@pwsz.chelm.pl

ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА СТАНКОВ СИНХРОННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ЛИНИИ, СОДЕРЖАЩЕЙ РЕЗЕРВНОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО

Рассматривается задача оптимизации количества станков синхронной автоматизированной линии с резервным рабочим местом, приводятся алгоритм и результаты решения данной задачи.

Рассматривается процесс функционирования синхронной автоматизированной линии (САЛ), состоящей из последовательно соединенных технологических ячеек (ТЯ) и содержащей одно резервное рабочее место (PPM) (рисунок 1).

Линия состоит из n однотипных единиц основного технологического оборудования и PPM, способного заменить любую вышедшую из строя ТЯ.

В работе [1] разработана модель функционирования такой САЛ, при этом вся структура линии заменена по параметрам надежности простейшим эквивалентным элементом, имеющим два факторных состояния (рабочее и отказовое) с определением следующих показателей его функционирования:

- 1) интенсивностей потоков отказов и восстановлений;
- 2) математического ожидания времени обслуживания единицы продукции;
- 3) коэффициента готовности;
- 4) производительности с учетом параметров надежности.

При построении модели принималось, что все потоки, переводящие данную систему из состояния в состояние, простейшие, а времена обслуживания распределены по экспоненциальному закону. Также считалось, что величины интенсивностей потоков отказов λ_i и восстановлений μ_i , а также времен обслуживания t_i каждой i -ой ТЯ различны, что отличает данную модель от модели, построенной в [2], где они принимались одинаковыми.

Целью построения модели было определение прироста производительности $\Delta\P$, определявшегося как разность между производительностью Π САЛ с PPM и производительностью Π' САЛ без него:

$$\Delta\P = \Pi - \Pi'.$$

Анализ результатов, полученных по модели, показал, что при увеличении количества станков в линии график прироста производительности имеет вид, ориентировочно показанный на рисунке 2.

По графику видно, что сначала прирост начинает круто увеличиваться, это происходит до определенного момента, соответствующего максимуму, а далее он начинает плавно уменьшаться с увеличением количества ТЯ в линии, при этом данное уменьшение может происходить практически до нуля. Данный

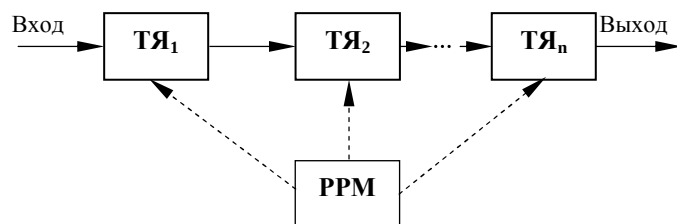


Рисунок 1 – Структура САЛ с резервным рабочим местом в формализованном виде

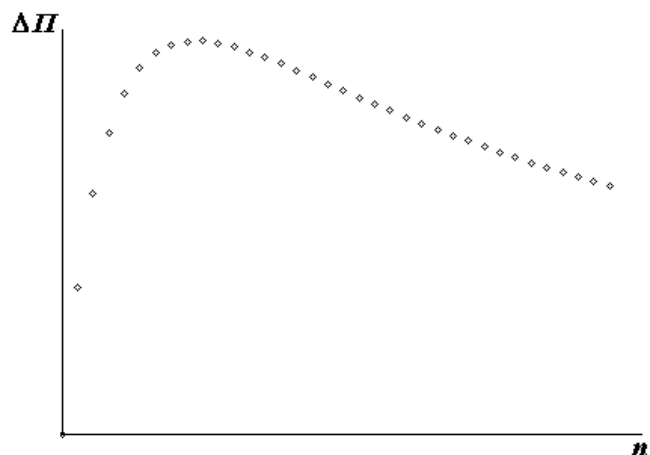


Рисунок 2 – Ориентировочный график зависимости прироста производительности от количества ТЯ

факт является очевидным: при значительном увеличении количества ячеек в САЛ одно резервное рабочее место не успевает своевременно заменить определенные ТЯ, вышедшие из строя и производительность САЛ с РРМ практически равна производительности линии без него.

Целью данной является решение оптимизационной задачи, заключающейся в следующем: необходимо определить количество ТЯ в САЛ с РРМ, обеспечивающее максимум прироста производительности такой линии. Указанная задача является задачей целочисленного программирования без ограничений (с учетом только того факта, что количество ячеек в линии является положительной величиной). Для ее решения можно не применять специально разработанные алгоритмы, а использовать метод простого перебора, заключающийся в следующем. Выполняется циклически повторяемая процедура, в которой на каждом шаге j по математической модели, построенной в [1], для текущего количества ячеек ТЯ $_j$ определяются коэффициенты готовности САЛ с РРМ и без него, а также их производительности (Π_j и Π'_j соответственно). Рассчитывается прирост производительности $\Delta\Pi_j$. Если $\Delta\Pi_j > \Delta\Pi_{j-1}$, то текущее значение количества ячеек n_j в линии принимается за точку оптимума n_{opt} , в противном случае цикл можно прекратить. Это обусловлено унимодальностью целевой функции (она имеет единственный экстремум, при этом данный экстремум является глобальным), что выяснено в результате многочисленных исследований с различными значениями параметров. В данной процедуре величина j будет меняться от 1 до найденного значения n_{opt} , при этом в начале цикла будет приниматься $n_{opt} = 1$.

Блок-алгоритм процедуры поиска оптимального решения показан на рисунке 3.

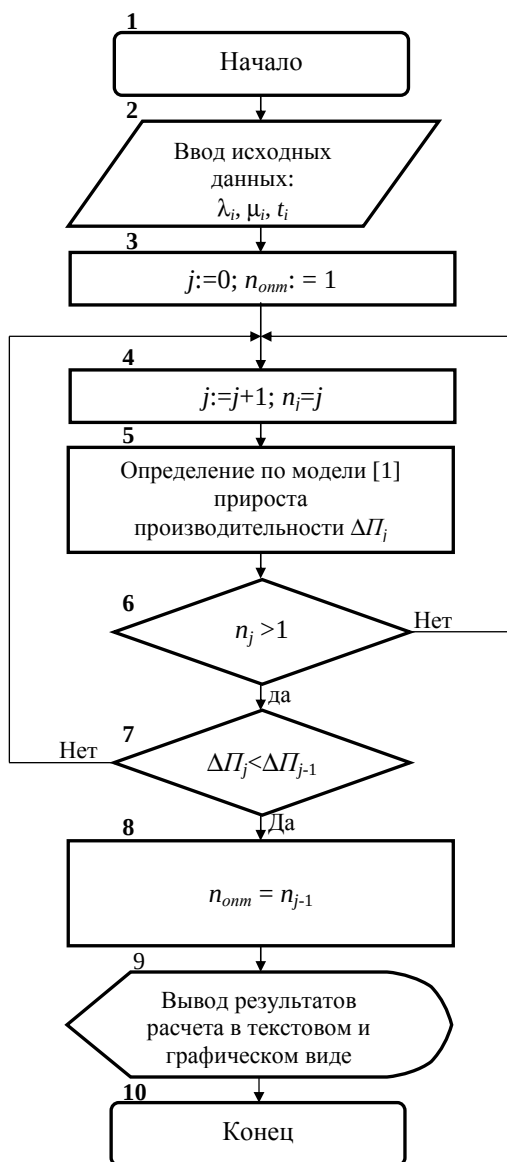


Рисунок 3 – Блок-алгоритм процедуры поиска оптимального решения

Программа поиска оптимального значения количества ячеек реализована в среде Maple 9. Приведем результаты решения данной задачи.

Значения интенсивностей потоков отказов и восстановлений, а также средних времен обслуживания каждого станка для простоты принимаются одинаковыми. Проведем исследования, связанные с определением влияния параметров надежности каждого станка на оптимальное количество станков в линии при неизменных временах обслуживания.

1. Параметры надежности будем изменять, варьируя значение интенсивности потока отказов каждого станка $\lambda_i = 0,25 \dots 0,35 \text{ ч}^{-1}$ при неизменных значениях $\mu_i = 3 \text{ ч}^{-1}$ и $t_i = 0,05 \text{ ч}$ (рисунок 4).

Максимальные приросты производительности и оптимальные количества станков соответственно составили:

- в первом случае: $\Delta\Pi_{\max} = 27,90 \text{ шт/ч}$, $n_{\text{опт}} = 9 \text{ шт}$;
- во втором случае: $\Delta\Pi_{\max} = 27,50 \text{ шт/ч}$, $n_{\text{опт}} = 10 \text{ шт}$;
- в третьем случае: $\Delta\Pi_{\max} = 27,08 \text{ шт/ч}$, $n_{\text{опт}} = 12 \text{ шт}$.

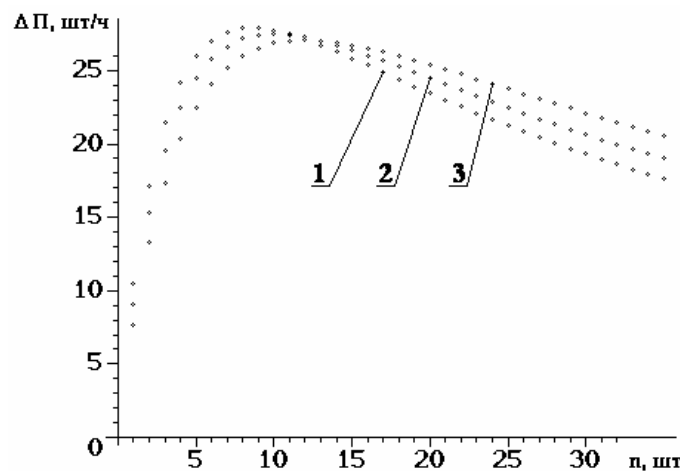


Рисунок 4 – График зависимости прироста производительности от количества ТЯ при значениях параметров: 1) $\lambda_i = 0,35 \text{ ч}^{-1}$, $\mu_i = 3 \text{ ч}^{-1}$; 2) $\lambda_i = 0,3 \text{ ч}^{-1}$, $\mu_i = 3 \text{ ч}^{-1}$; 3) $\lambda_i = 0,25 \text{ ч}^{-1}$, $\mu_i = 3 \text{ ч}^{-1}$

2. Варьируются значения интенсивности потока восстановлений каждого станка $\mu_i = 3 \dots 5 \text{ ч}^{-1}$ при неизменных значениях $\lambda_i = 0,3 \text{ ч}^{-1}$ и $t_i = 0,1 \text{ ч}$ (рисунок 5).

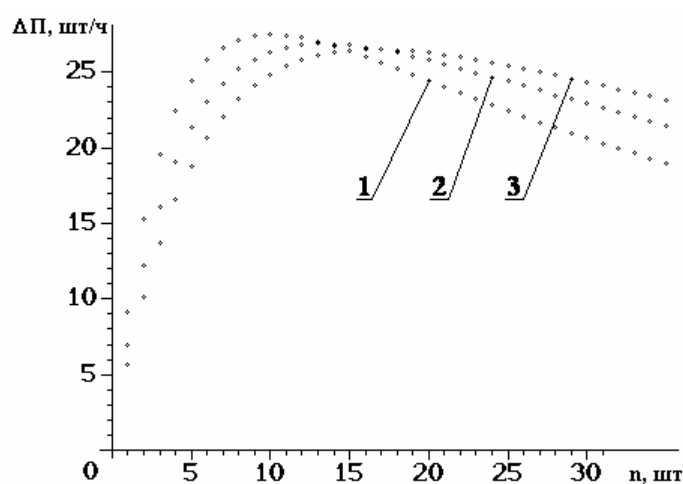


Рисунок 5 – График зависимости прироста производительности от количества ТЯ при значениях параметров: 1) $\lambda_i = 0,3 \text{ ч}^{-1}$, $\mu_i = 3 \text{ ч}^{-1}$; 2) $\lambda_i = 0,3 \text{ ч}^{-1}$, $\mu_i = 4 \text{ ч}^{-1}$; 3) $\lambda_i = 0,3 \text{ ч}^{-1}$, $\mu_i = 5 \text{ ч}^{-1}$

Максимальные приросты производительности и оптимальные количества станков соответственно составили:

- в первом случае: $\Delta\Pi_{\max} = 27,50 \text{ шт/ч}$, $n_{\text{опт}} = 10 \text{ шт}$;
- во втором случае: $\Delta\Pi_{\max} = 26,87 \text{ шт/ч}$, $n_{\text{опт}} = 13 \text{ шт}$;
- в третьем случае: $\Delta\Pi_{\max} = 26,49 \text{ шт/ч}$, $n_{\text{опт}} = 17 \text{ шт}$.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что при ухудшении параметров надежности уменьшается оптимальное количество станков, однако для данного количества прирост производительности выше, чем для линии с аналогичными параметрами обслуживания и лучшими показателями надежности.

Приведенный алгоритм позволяет решить задачу подбора оптимального количества однотипного основного технологического оборудования в САЛ с одним РРМ. Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку моделей и решение подобных оптимизационных задач для линий, содержащих более одного резервного места.

Библиографический список

1. Model matematyczny funkcjonowania elastycznej linii produkcyjnej / O. Filipowicz, L. Mazurek, W. Taranenko, A. Świć //Pomiary. Automatyka. Robotyka. Miesięcznik naukowo-techniczny. — Warszawa, 2007. — № 2. — 11 s. (ref. 4).

2. Пашков Е.В. Транспортно-накопительные и загрузочные системы в сборочном производстве / Е.В. Пашков, В.Я. Копп, А.Г. Карлов. — К.: УМК ВО, 1992. — 536 с.

Поступила в редакцию 7.09.2007 г.