

# ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКОВ ПРЕДМЕТОВ ПРОИЗВОДСТВА В СБОРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

## *Ocena charakterystyk strumieni wytwarzanych przedmiotów w technologicznych systemach montażowych*

### *Evaluation of the characteristics of production flows in assembly process systems*

Mark KRISTAL, Tatiana GETMANTSEVA, Alexey SHIROKIY

Марк КРИСТАЛЬ, Татьяна ГЕТМАНЦЕВА, Алексей ШИРОКИЙ

**Аннотация.** С помощью методов компьютерного моделирования выполнена оценка величин интенсивностей и коэффициентов последействия потоков предметов производства, поступающих на вход автоматического сборочного оборудования в зависимости от степени надежности функционирования этого оборудования. Установлено, что с уменьшением коэффициента готовности оборудования производительность процесса падает, а степень последействия меняется нелинейно. Полученные зависимости могут быть использованы при проектировании межоперационных накопителей деталей, обеспечивающих бесперебойное снабжение сборочных рабочих позиций.

**Abstract:** With the help of computer simulation methods, an assessment was made of the magnitudes of the intensities and coefficients of the aftereffect of the flows of objects of production arriving at the input of the automatic assembly equipment, depending on the degree of reliability of functioning of this equipment. It was found that with a decrease in equipment availability, the process performance decreases, and the degree of aftereffect varies nonlinearly. The dependencies obtained can be used in the design of in-process storage of parts that ensure uninterrupted supply of assembly work items.

**Streszczenie:** Za pomocą metod komputerowego modelowania dokonano oceny wpływu intensywności i współczynników skutków strumieni przedmiotów produkcji dostarczanych do automatycznego urządzenia montażowego w zależności od stopnia niezawodności funkcjonowania tego urządzenia. Ustalono, że wraz ze zmniejszeniem współczynnika gotowości urządzenia wydajność procesu obniża się, a stopień skutków zmienia się nieliniowo. Otrzymane zależności mogą być wykorzystane przy projektowaniu między operacyjnych buforów części, zapewniających nieprzerwane zaopatrywanie roboczych pozycji montażowych.

## ВВЕДЕНИЕ

В технологических автоматических сборочных системах образуются различные материальные потоки предметов производства, поступающие в разнообразные единицы технологического оборудования и выходящие из них. При этом, в зависимости от степени надежности выполнения сборочных операций, включающей, как вероятность выполнения самой сборочной операции, так и эксплуатационной надежности оборудования, наступают отказы, время ликвидации которых приводит к потерям производительности сборочного процесса. Для компенсации этих потерь используют в несинхронных системах межоперационные накопители предметов производства (деталей, или сборочных единиц). Известен [1] метод расчета объема такого накопителя, обеспечивающего бесперебойное снабжение комплектующими

детальными единицу сборочного оборудования. Этот расчет основан на доказанном утверждении о том, что входящий в накопитель и выходящий из него материальные потоки являются потоками Эрланга [2, 3, 4] с параметрами  $\lambda_{ИСХ}$ ,  $k_{ИСХ}$  и  $\lambda_{ЭКВ}$ ,  $k_{ЭКВ}$ . Здесь, соответственно,  $\lambda_{ИСХ}$ ,  $\lambda_{ЭКВ}$  и  $k_{ИСХ}$ ,  $k_{ЭКВ}$  - интенсивности и коэффициенты степени последействия входного и выходного потока деталей накопителя. Следует отметить, что в силу наличия отказов оборудования установленного после накопителя деталей, поступающий в это оборудование поток деталей отличается от идеального. Поэтому, на стадии проектирования технологической системы целесообразно знать его характеристики. На наш взгляд эти характеристики можно оценить исходя из значений коэффициента  $k_r$  готовности соответствующего оборудования. Наиболее целесообразно выполнить это, используя компьютерное моделирование [5, 6, 7].

## АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

1. Исходя из величины коэффициента  $k_T = \frac{\bar{t}_p}{t_M} = \frac{\bar{t}_p}{\bar{t}_p + \bar{t}_B}$

готовности оборудования, где  $\bar{t}_p$  - среднее время безотказной работы;  $\bar{t}_B$  - среднее время восстановления оборудования после отказов;  $t_M$  - период времени моделирования процесса. Из этих величин находят параметр  $\lambda_p = \frac{1}{k_T t_M}$

- показательного распределения времени безотказной работы и параметр  $\lambda_B = \frac{1}{(1 - k_T) t_M}$

- показательного распределения времени восстановления оборудования при отказе.

2. Принимаем за параметры идеального (исходного) потока собранных изделий, который мог бы быть выходным для конкретного оборудования при отсутствии его отказов, соответственно,  $\lambda_{исх}$ ,  $k_{исх}$  - интенсивность и коэффициент степени последствия.

3. Используя методы статистического моделирования, формируем массивы случайных периодов безотказной работы оборудования и периоды его восстановления после отказа, а также массив случайных величин времени  $t_j$  выполнения технологической операции, имеющих Гамма-распределение с параметрами  $\lambda_{исх}$ ,  $k_{исх}$ .

4. Формируется массив изменённых интервалов времени  $t'_j$  выполнения технологической операции по схеме (рис.1)

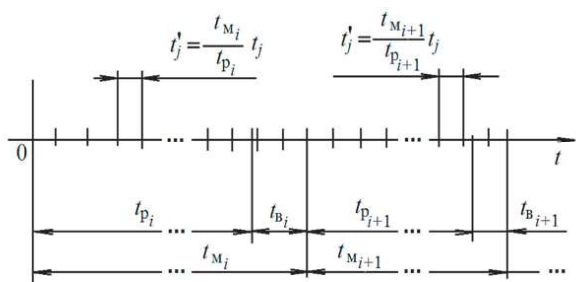


Рис.1 Схема формирования вариационного ряда изменённых интервалов времени  $t'_j$

Здесь  $t_{Mi} = t_{p_i} + t_{B_i}$ ;  $t_{M_{i+1}} = t_{p_{i+1}} + t_{B_{i+1}}$  и т.д. - частные случайные значения времени безотказной работы и времени восстановления, последовательно получаемые из массивов  $t_i^p$  и  $t_i^B$ .

5. Полученный вариационный ряд значений  $t'_j$  статистически обрабатывается с получением гистограмм. В результате обработки и проверки гипотезы о том, что полученное распределение

также подчиняется Гамма-распределению, вычисляем значения мат. ожидания  $M(t) = \frac{1}{\lambda_{ЭКВ}}$ ; и дисперсии  $D(t) = \frac{1}{k_{ЭКВ} \lambda_{ЭКВ}^2}$ .

Отсюда получаем, соответственно, параметры  $\lambda_{ЭКВ} = \frac{1}{M(t)}$ ;  $k_{ЭКВ} = \frac{[M(t)]^2}{D(t)}$ , где  $\lambda_{ЭКВ}$ ,  $k_{ЭКВ}$  - соответственно, интенсивность и коэффициент степени последствия фактического потока, полученного в результате моделирования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В соответствии с разработанной методикой [5] имитационного моделирования методом статистических испытаний и использованием приведенного выше алгоритма исследовано влияние параметров потоков отказов оборудования и его восстановлений на характеристики потока предметов производства.

На рис. 2 и рис. 3 представлены результаты моделирования влияния коэффициентов готовности  $k_T$  оборудования на параметры эквивалентного потока — интенсивность  $\lambda_{ЭКВ}$  и степень последствия  $k_{ЭКВ}$ .

Интенсивность  $\lambda_{ЭКВ}$  потока деталей после приведения отказов оборудования может быть найдена по выражению (рис. 2):

$$\lambda_{ЭКВ} = k_T \lambda_{исх} \quad (1)$$

А величина степени последствия  $k_{ЭКВ}$  в потоке — по выражению:

$$k_{ЭКВ} = a (1 - \exp(-b k_{исх})), \quad (2)$$

где  $a = 0,0135 \exp(9,13292 k_T)$ ;  $b = 382,47 \exp(-10,75 k_T)$ .

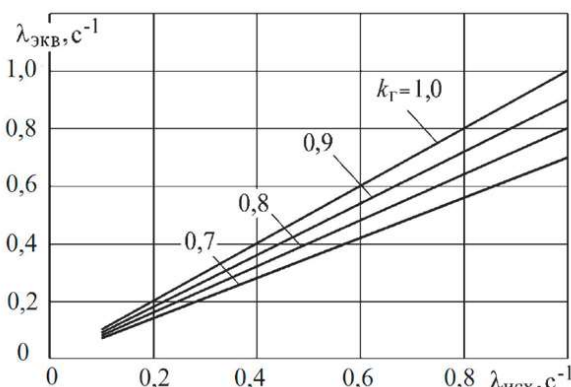


Рис. 2. Влияние различных значений коэффициента готовности  $k_T$  оборудования на интенсивность  $\lambda_{ЭКВ}$  эквивалентного потока предметов производства.

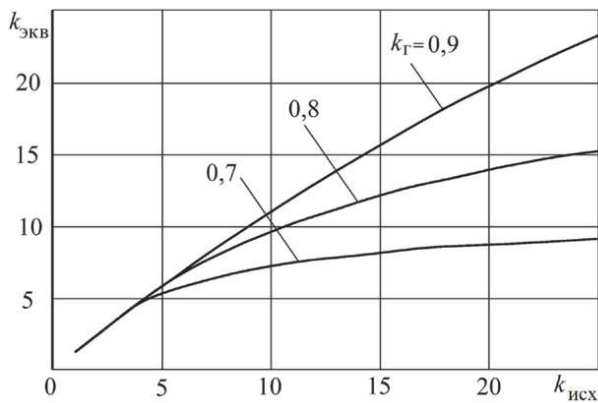


Рис. 3. Влияние величины коэффициента  $k_r$  готовности оборудования на степень последствия  $k_{эKB}$  в эквивалентном потоке.

## ВЫВОДЫ

1. На основании эквивалентной схемы работы оборудования, учитывающей приведение простоев оборудования к каждому интервалу между деталями в выходном потоке, выполнено имитационное моделирование влияния отказов оборудования на параметры выходного потока деталей на основе аналитической модели распределения случайных величин, подчиняющихся гамма-распределению.
2. Статистическое моделирование объема накопления деталей, обеспечивающего бесперебойность снабжения ими сборочных позиций, показало, что на вид характеристики  $\lambda_{эKB} = f(\lambda_{исх}, k_r)$  не оказывает влияние величина  $k_{исх}$  степени последствия исходного потока деталей, а на вид характеристики  $k_{эKB} = f(k_{исх})$  — величина интенсивности  $\lambda_{исх}$  потока деталей.
3. Установлено, что при  $k_r \geq 0,7$  гамма-распределение с параметрами  $\lambda_{эKB}$  и может служить адекватной моделью случайных интервалов времени  $t'_j$ . При этом интервал  $k_r \geq 0,7$  достаточно широк и включает такие значения коэффициента готовности  $k_r$ , которые имеют место для реально действующего оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кристаль М.Г., Широкий А.В., Чувилин И.А. Новый подход в определении объема накопителя деталей // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2007. - № 12. - С. 6-9.
2. Kristal M. Nowa postac rozkladów w zadaniach zwiekszania niezawodności automatów montazowych = Распределение Кристалля в задачах повышения надёжности сборочных автоматов / М.Г. Кристаль // Mechanika (Poland). - 2010. - Z. 79 "Polaczenia montazowe", Nr. 273. - С. 93-99.

3. Широкий А.В., Кристаль М.Г. Влияние структурной компоновки блоков технологической системы на производительность и надёжность их функционирования // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2015. - № 6. - С. 10-15.
4. Широкий А.В., Кристаль М.Г. Надёжность и производительность технологической системы для различных структур её исполнения / // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - 2015. - № 4. - С. 70-74.
5. Широкий А.В., Кристаль М.Г. Статистическое моделирование надёжности различных структур технологических систем // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2015. - № 8. - С. 21-25.
6. Широкий А.В., М.Г. Кристаль Компьютерное моделирование потоков предметов производства в автоматических сборочных системах // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2014. - № 10. - С. 35-39.
7. Широкий А.В., М.Г. Кристаль Модели распределения случайных интервалов времени между предметами производства в транспортных потоках сборочного оборудования // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2014. - № 9. - С. 28-32.

Кристаль Марк Григорьевич — д-р техн. наук, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов» Волгоградского государственного технического университета, 400005, Волгоград, проспект Ленина, 28, тел. +79093899432, e-mail: crysmar@mail.ru, паспорт 73 2059297

Гетманцева Татьяна Алексеевна — студентка 4 курса Волгоградского государственного технического университета, 400005, Волгоград, проспект Ленина, 28, тел. +7 927 554 4320, e-mail: getmantseva2012@yandex.ru, паспорт 73 3353834

Широкий Алексей Владимирович — канд. техн. наук, начальник отдела силового оборудования связи и автоматики БКП№ 4 АО «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ» 400001, Волгоград, ул. Рабоче-Крестьянская, 16, тел. +7 9178374338, e-mail: shiroky\_alex@mail.ru



kwartalnik naukowo-techniczny

**TECHNOLOGIA  
I AUTOMATYZACJA  
MONTAŻU**

ZESPÓŁÓW • MASZYN • URZĄDZEŃ

**www.tiam.pl**

**tiam@sigma-not.pl**

**tel. 22 853 81 13**