

**ВЛИЯНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ МЕЖРОТОРНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИЗДЕЛИЙ
НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОЙ РОТОРНОЙ ЛИНИИ****Буленков Е. А., Михайлов А. Н.**

Исследована вероятность безотказной работы многономенклатурной роторной линии для изготовления винтов. Определена вероятность межроторной передачи изделий, зависимости безотказной работы линии от вероятности безотказной работы инструмента. Исследована вероятность безотказной работы линии при выявленных значениях вероятности межроторной передачи изделий. Показано, что на вероятность безотказной работы линии наибольшее влияние оказывают вероятности передачи изделий наименьших диаметров. Проведена оценка целесообразности применения предложенной многономенклатурной роторной линии.

Досліджена вірогідність безвідмовної роботи багатоміноміклатурної роторної лінії для виготовлення гвинтів. Визначена вірогідність міжроторної передачі виробів, залежності безвідмовної роботи лінії від імовірності безвідмовної роботи інструменту. Досліджена вірогідність безвідмовної роботи лінії при виявлених значеннях вірогідності міжроторної передачі виробів. Показано, що на вірогідність безвідмовної роботи лінії найбільший вплив робить вірогідність передачі виробів найменших діаметрів. Проведена оцінка доцільності застосування запропонованої багатоміноміклатурної роторної лінії.

Probability of faultless work of multitop-level rotor line for making of screws is investigated in this article. Probability of interrotor transmission of wares is described here. Probability of faultless work of line at the exposed values of probability of interrotor transmission of wares is defined here. The probability of failure of the line with the identified values of the probability multitop-level transmission products is investigated. It is rotined that on probability of faultless work of line most influence is rendered by probabilities of transmission of wares of the least diameters. An assessment of the feasibility of the proposed multitop-level rotary line is carried out.

Буленков Е. А.

ассистент ДонНТУ
bulenkov@ukr.net

Михайлов А. Н.

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ДонНТУ

УДК 621.01(06)

Буленков Е. А., Михайлов А. Н.

ВЛИЯНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ МЕЖРОТОРНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИЗДЕЛИЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОЙ РОТОРНОЙ ЛИНИИ

В настоящее время при реализации многономенклатурного производства на базе роторных систем непрерывного действия каждое изделие обрабатывается в отдельной рабочей позиции [1, 2], что при увеличении числа номенклатур изделий приводит к увеличению занимаемых площадей и металлоемкости автоматической линии [3]. Данная проблема является одной из основных, сдерживающих развитие роторных систем в условиях рыночных отношений. Предложенные конструкции многономенклатурных роторных линий [4] позволяют последовательно обрабатывать группу изделий в каждом инструментальном блоке и таким образом существенно повысить число типоразмеров обрабатываемых изделий, однако эти системы более сложны по конструкции. Влияние различных факторов на вероятность безотказной работы таких многономенклатурных автоматических роторных линий (МАРЛ) до сих пор недостаточно изучено.

Целью работы является исследование влияния вероятности передачи изделий на работоспособность многономенклатурной роторной линии, обеспечивающей объединение группы крупносерийных производств в массовое за счет обработки нескольких типоразмеров изделий в одном инструментальном блоке.

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие задачи – исследовать вероятность безотказной работы (ВБР) МАРЛ, определить вероятность межроторной передачи изделий, исследовать вероятность безотказной работы МАРЛ при выявленных значениях вероятности межроторной передачи изделий.

На рис. 1 изображена конструктивно-технологическая схема МАРЛ для изготовления стержневых крепежных изделий – винтов.

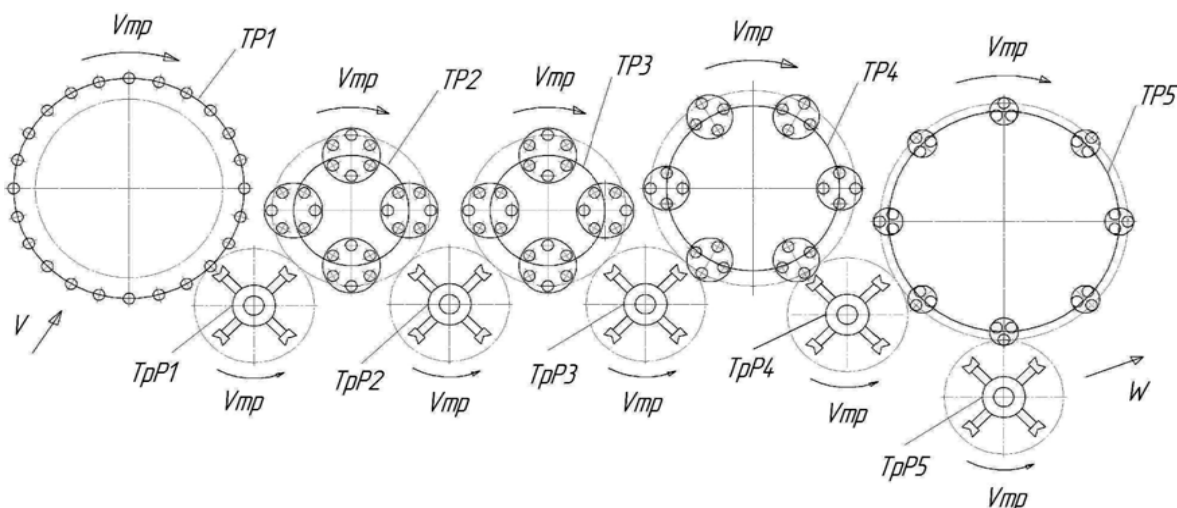


Рис. 1. Схема МАРЛ

На схеме изображены многономенклатурные роторные машины отрезки и выравнивания торцов TP1, технологические роторы TP2 и TP3 предварительного и окончательного формообразования торцов соответственно. TP4 – технологический ротор вытяжки стержня под резьбу и TP5 – технологический ротор накатывания резьбы. Транспортные роторы TrP1-TrP5 осуществляют межроторную передачу деталей. Проволока по входному потоку V поступает в технологический ротор отрезки TP1, где она разрезается на отдельные заготовки.

В этом же роторе происходит выравнивание торцов и высадка фаски на одном из концов стержня. Далее заготовки перемещаются в следующие технологические роторы, где происходит предварительное и окончательное формообразование головки, редуцирование стержня под резьбу и накатывание резьбы. За время холостого хода в многономенклатурных рабочих позициях происходит замена инструмента для обработки изделия другой номенклатуры поворотом инструментального барабана. После этого детали выгружаются из линии по выходному потоку *W*.

Рассмотрим ВБР МАРЛ. Данной линии соответствует логическая схема (рис. 2), представляющая собой математическую модель линии.

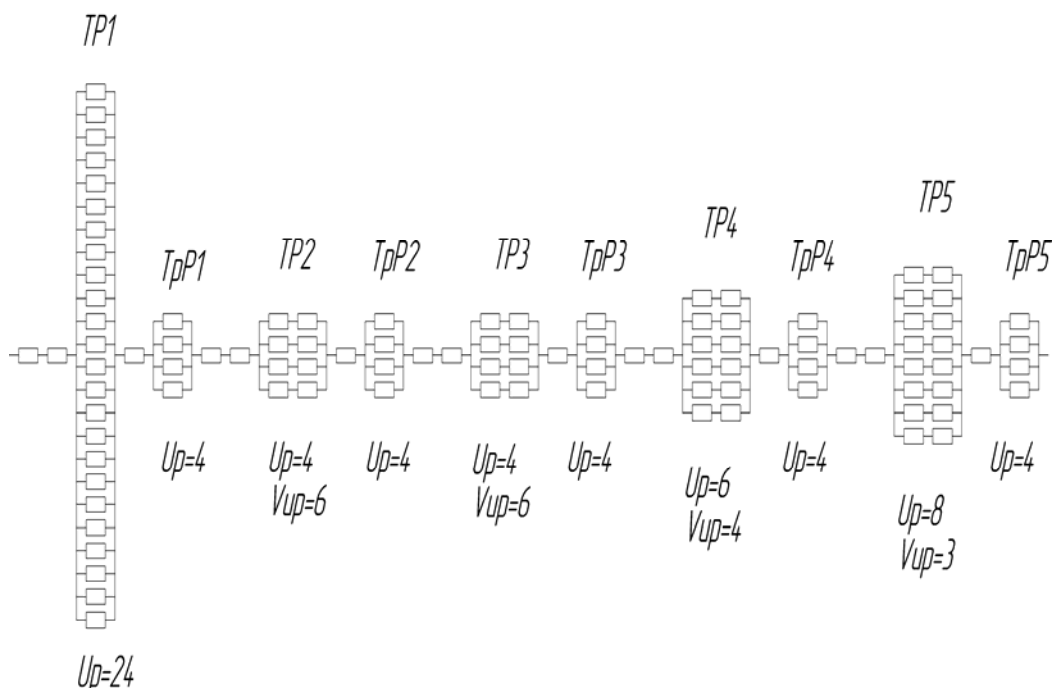


Рис. 2. Логическая схема МАРЛ изготовления винтов

Учитывая, что отказ в разветвленной системе приведет к прекращению выпуска детали одного типоразмера, при создании МАРЛ следует оценивать не вероятность сохранения производительности не ниже заданной, а вероятность выпуска всех типоразмеров изделий. ВБР МАРЛ оценивалась при следующих условиях.

1. Линия останавливается либо при отказе в неразветвленной системе, либо в случае выхода из строя более одной группы в разветвленной системе.

2. Характеристики инструментов, и устройств выбора инструментов являются одинаковыми, т.е. они имеют соответственно одинаковую производительность и обладают одинаковой вероятностью безотказной работы. Захватные органы транспортных роторов также имеют адекватные характеристики.

Таким образом, линия может находиться в одном из состояний.

1. Сохранение полной производительности P1.
2. Отказ одного инструмента P2.
3. Отказ одного ЗО P3.
4. Отказ одного устройства управления в одном ИБ P4.
5. Отказ в неразветвленной системе или отказ более двух элементов в разветвленной системе P5.

Так как все рассмотренные состояния образуют полную группу, сумма вероятностей этих состояний равна единице:

$$P1 + P2 + P3 + P4 + P5 = 1.$$

Тогда вероятность безотказной работы МАРЛ может быть определена по такой формуле:

$$P = 1 - P5 = P1 + P2 + P3 + P4.$$

$$P = Pn^{15} \times Ptr^{20} \times Pu^{46} \times Pi^{120} + Pn^{15} \times Ptr^{20} \times Pu^{46} \times \left(\sum_5 C_{24}^{23} \right) \times (1 - Pi) \times Pi^{119} +$$

$$+ Pn^{15} \times Pu^{46} \times Pi^{120} \times \left(\sum_6 C_4^3 \right) \times (1 - Ptr) \times Ptr^{19} + Pn^{15} \times Ptr^{20} \times Pi^{120} \times (1 - Pu) \times Pu^{45} \times (C_{24}^{23} + 2 \times C_4^3 + C_6^5 + C_8^7), \quad (1)$$

где Pn – вероятность безотказной работы элементов неразветвленной системы;
 Ptr – вероятности безотказной работы транспортных устройств;
 Pu – вероятность безотказной работы устройств управления инструментального блока;
 Pi – вероятность безотказной работы инструмента.

Зависимость вероятности безотказной работы МАРЛ от вероятности безотказной работы инструмента и вероятности передачи изделия была определена при Pn = 1 и Pu = 0,995 (см. рис. 3).

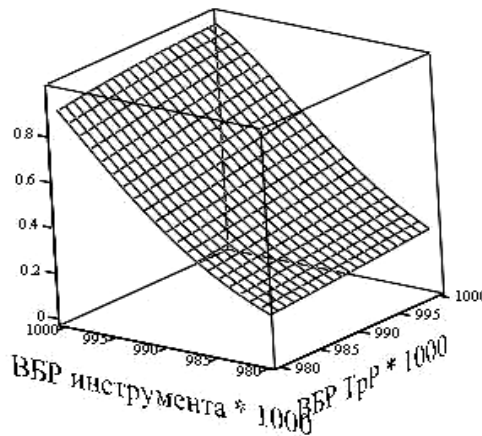


Рис. 3. Вероятность безотказной работы линии

Из рис. 3 видно, что на ВБР МАРЛ наибольшее влияние оказывает вероятность безотказной работы инструмента. Вероятность передачи изделий между роторами на ВБР МАРЛ существенно не влияет, так как число захватных органов в линии существенно меньше числа инструментов.

Для оценки целесообразности применения предложенной МАРЛ сравним ее структурную ВБР со структурной ВБР многономенклатурной роторной линии, выполненной по традиционной схеме (когда каждому изделию соответствует свой инструментальный блок и свой захватный орган). Логическая схема такой линии представлена на рис. 4.

В соответствии с приведенными выше условиями линия может находиться в одном из состояний.

1. Сохранение полной производительности P1.
2. Отказ одного инструмента P2.
3. Отказ одного захватного органа P3.
4. Отказ в неразветвленной системе или отказ более двух элементов в разветвленной системе P4.

Так как все рассмотренные состояния образуют полную группу, сумма вероятностей этих состояний равна единице:

$$P1 + P2 + P3 + P4 = 1.$$

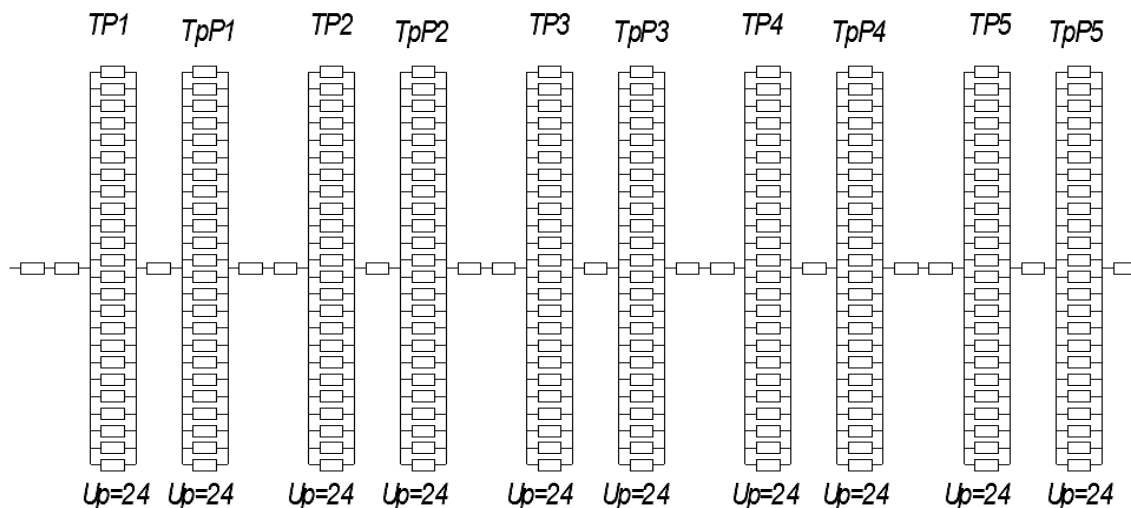


Рис. 4. Логическая схема МАРЛ, выполненной по традиционной схеме

Тогда вероятность безотказной работы МАРЛ может быть определена по такой формуле:

$$P = 1 - P4 = P1 + P2 + P3.$$

$$P = Pn^{15} \times Ptr^{120} \times Pi^{120} + Pn^{15} \times Ptr^{120} \times \left(\sum_5 C_{24}^{23} \right) \times (1 - Pi) \times Pi^{119} + Pn^{15} \times Pi^{120} \times \left(\sum_6 C_{24}^{23} \right) \times (1 - Ptr) \times Ptr^{119} \tag{2}$$

На рис. 5 представлена зависимость вероятности безотказной работы МАРЛ от вероятности безотказной работы инструмента и вероятности передачи изделия. Очевидно, что оба эти показателя в равной степени влияют на вероятность безотказной работы МАРЛ. Следует отметить, что в данном случае вероятность безотказной работы каждой позиции и захватного органа оказывают существенное влияние на вероятность безотказной работы линии в целом. Это связано с большим количеством этих элементов в структуре линии.

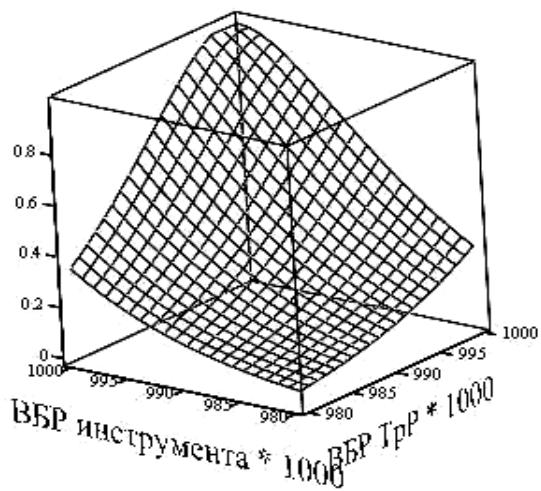


Рис. 5. Вероятность безотказной работы линии, выполненной по традиционной схеме

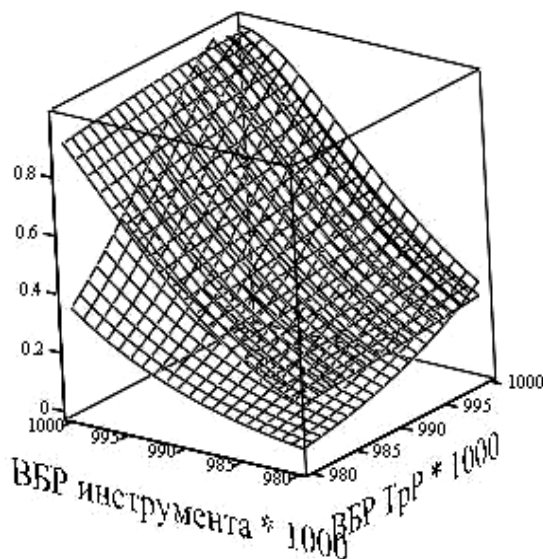


Рис. 6. Вероятности безотказной работы линий

На рис. 6 приведены оба графика в одной системе координат. Из графиков видно, что вероятность безотказной работы предложенной МАРЛ существенно выше вероятности безотказной работы классической линии за счет меньшего количества захватных органов в транспортных роторах. Однако, при высоких значениях ВБР захватных органов вероятность безотказной работы классической линии выше. Это можно объяснить наличием в структуре предложенной МАРЛ дополнительных элементов – устройств смены инструмента в инструментальных блоках.

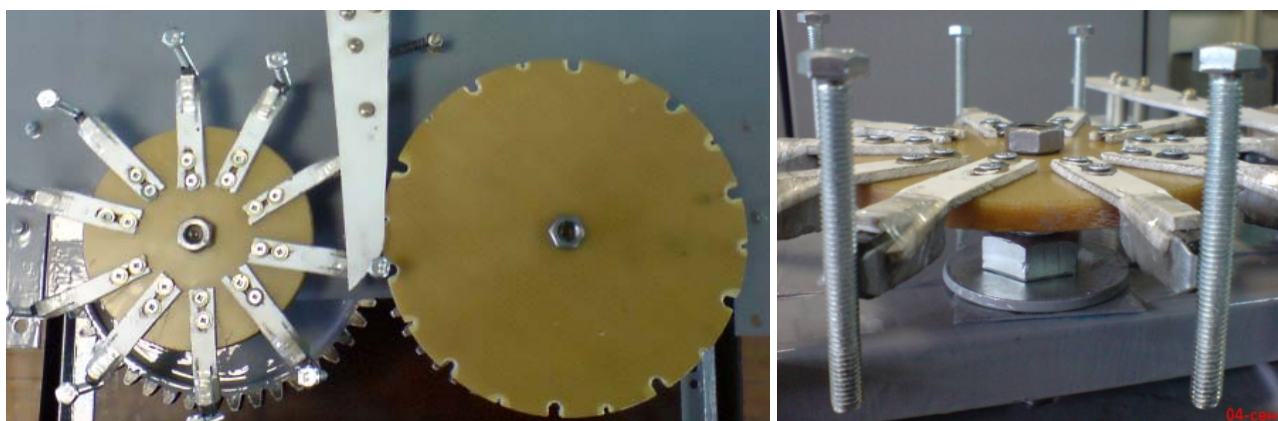


Рис. 7. Лабораторная установка

Таким образом, при создании МАРЛ следует стремиться к снижению числа захватных органов и увеличению ВБР инструментов. При использовании для каждого типоразмера изделий отдельных захватных органов и инструментальных блоков вероятность безотказной работы МАРЛ резко снижается при уменьшении вероятности безотказной работы инструмента и захватного органа.

Процесс межроторной передачи изделий исследовался с помощью вероятности передачи изделий [5]. В качестве факторов были приняты различие в диаметрах изделий x_1 и несовпадение углов поворота роторов x_2 (рис. 7).

В ходе статистической обработки результатов эксперимента были получены модели, описывающие зависимость вероятности передачи детали от несовпадения углов поворота роторов и диаметров деталей:

$$y_u(x_1, x_2) = \frac{5 \times x_1}{72} + \frac{5 \times x_2}{1296} + \frac{47}{72}, y_u(x_1, x_2) = \frac{7 \times x_1}{96} + \frac{5 \times x_2}{288} + \frac{23}{36}, \quad (3)$$

где x_1 – диаметр детали;

x_2 – несовпадение углов поворота.

По формуле (3) были построены графики зависимости вероятности передачи детали от несовпадения углов поворота роторов для деталей различных диаметров (рис. 8).

Эксперимент показал, что если нет несовпадения углов поворота роторов, то вероятность передачи деталей близка к 1.

Смещение захватных органов в направлении, противоположном направлению движения детали, приводит к уменьшению вероятности передачи деталей. Это объясняется тем, что при передаче детали под действием переталкивателя деталь скатывается по губке, противоположной переталкивателю, таким образом немного увеличивая величину смещения относительно приемной позиции технологического ротора. Для деталей больших диаметров это смещение не столь существенно, как для деталей меньшего диаметра.

Проведенные экспериментальные исследования позволили определить вероятность передачи винтов магнитными захватными органами транспортных роторов. Оценим ВБР МАРЛ (рис. 1) с учетом полученных значений.

В ходе проведения эксперимента было установлено, что наибольшая вероятность передачи изделий будет при отсутствии несовпадения углов поворота роторов (см. рис. 8). Для винтов диаметром 2 мм наибольшее значение вероятности передачи составило 0,8. При значениях вероятности передачи изделия 0,8 МАРЛ работать не будет. Аналогичная ситуация и для изделий диаметром 3 и 4 мм – при наибольших значениях вероятности передачи изделий даже с абсолютно надежным инструментом вероятность безотказной работы МАРЛ составит менее 0,4. В то же время для изделий диаметром 5 и 6 мм вероятность передачи составляет 1.

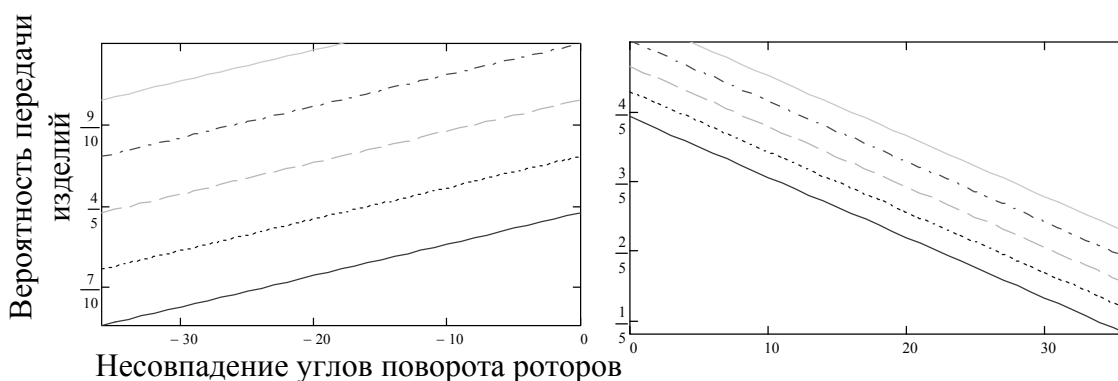


Рис. 8. Зависимость вероятности передачи деталей от несовпадения углов поворота роторов

ВЫВОДЫ

На вероятность безотказной работы МАРЛ наибольшее влияние оказывают вероятности передачи изделий диаметром 2–4 мм. Выполненные исследования позволили определить допустимые значения вероятностей транспортирования и безотказной работы инструмента. При вероятности передачи изделий 0,95 и вероятности безотказной работы инструмента 0,98 при вероятности безотказной работы устройств управления 0,995 вероятность безотказной работы МАРЛ составит приблизительно 0,75. Такое значение вполне допустимо для новой техники на стадии предварительного проектирования. Следует отметить, что современный инструмент позволяет обеспечить значения P_i большие, чем 0,98, а значит и вероятность безотказной работы МАРЛ будет выше.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кошкин Л. Н. Комплексная автоматизация производства на базе роторных линий / Л. Н. Кошкин. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1972. – 351 с.
2. Кошкин Л. Н. Роторные и роторно-конвейерные линии / Л. Н. Кошкин. – М. : Машиностроение, 1986. – 320 с.
3. Михайлов А. Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия / А. Н. Михайлов. – Донецк : ДонНТУ, 2002. – 379 с.
4. Буленков Е. А. Определение параметров маршрутизации изделий в многономенклатурных роторных системах с помощью многомерной алгебры групп / Е. А. Буленков, А. Н. Михайлов // Прогрессивные технологии и системы машиностроения : Международный сб. научных трудов. – Донецк : ДонНТУ, 2005. – Вып. 29. – С. 38–44.
5. Буленков Е. А. Исследование процесса межроторной передачи изделий в условиях многономенклатурного производства / Е. А. Буленков, А. Н. Михайлов // Прогрессивные технологии и системы машиностроения : Международный сб. научных трудов. – Донецк : ДонНТУ, 2010. – Вып. 39. – С. 30–40.

Статья поступила в редакцию 25.10.2011 г.