УДК 621.01(06)

Е. А. Буленков, канд. техн. наук, доц.
Донецкий национальный технический университет, Украина
Тел./Факс: +38 (062) 3010805; *E-mail: e.bulenkov@gmail.com*

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АГРЕГАТНОЙ РОТОРНОЙ МАШИНЫ

В статье предлагается осуществлять выбор рациональной структуры агрегатной роторной машины на основе ее структурной надежности. Рассматривается вероятность безотказной работы для двух вариантов структуры агрегатных роторных машин. Первый вариант предусматривает создание данных машин по «классической» схеме, когда на элементы корпуса технологического ротора устанавливаются полностью автономные агрегатные головки. Во втором варианте за основу взята предложенная автором многономенклатурная роторная машина. Такая роторная машина имеет классическую для технологических роторов компоновку, включающую систему привода, общую для всех агрегатных инструментальных блоков. Агрегатный инструментальный блок состоит из устройств преобразования характеристик системы привода и накопителей инструментов и приспособлений. Установлено, что при низких значениях вероятности безотказной работы системы привода более целесообразно использовать первый вариант, а второй вариант структуры более предпочтителен при высокой надежности привода.

Ключевые слова: *вероятность безотказной работы, агрегатная головка, роторная машина*

1. Введение

Применение технологических систем непрерывного действия, - автоматических роторных и роторно-конвейерных линий, поточно-пространственных технологических систем, при автоматизации производственных процессов позволяет существенно увеличить производительность, снизить себестоимость изготовления изделия [1, 2, 3]. Однако в условиях современной Украины создание таких сложных технических систем затруднено не только высокой стоимостью НИОКР, но и отсутствием рынков сбыта для большого количества однотипных изделий. Решением данной проблемы может быть создание автоматических линий непрерывного действия из агрегатных роторных машин. Собираемые из унифицированных агрегатных головок технологические роторы позволят существенно упростить процесс создания новой автоматической линии существенно снизить себестоимость ее изготовления. Однако, на сегодняшний день не существует методики проектирования агрегатных роторных машин, а возможность адаптации известных методик проектирования автоматических линий на базе агрегатных станков [4] для создания систем непрерывного действия в достаточной мере не рассматривалась. Поэтому, разработка методов проектирования агрегатных роторных машин является актуальной задачей.

Целью выполнения данной работы является выбор рациональной структуры агрегатной роторной машины на основе ее структурной надежности.

Для достижения поставленной цели необходимо определить возможные варианты структуры агрегатных роторных машин, разработать методику оценки их структурной надежности и определить наиболее рациональный вариант структуры агрегатной роторной машины.

2. Основное содержание и результаты работы

Рассмотрим два варианта структуры агрегатных роторных машин (рис. 1 и 2). Агрегатные роторные машины, изображенные на рисунке 1, выполняются по «классической» схеме, когда на элементы корпуса технологического ротора (РМ) устанавливаются полностью автономные агрегатные головки (АГ), содержащие в себе все необходимые для выполнения своих функций элементы. Логическая схема, представляющая собой математическую модель технологического ротора, будет включать в себя элементы неразветвляющейся части, - РМ, а также элементы разветвляющейся подсистемы, - АГ.

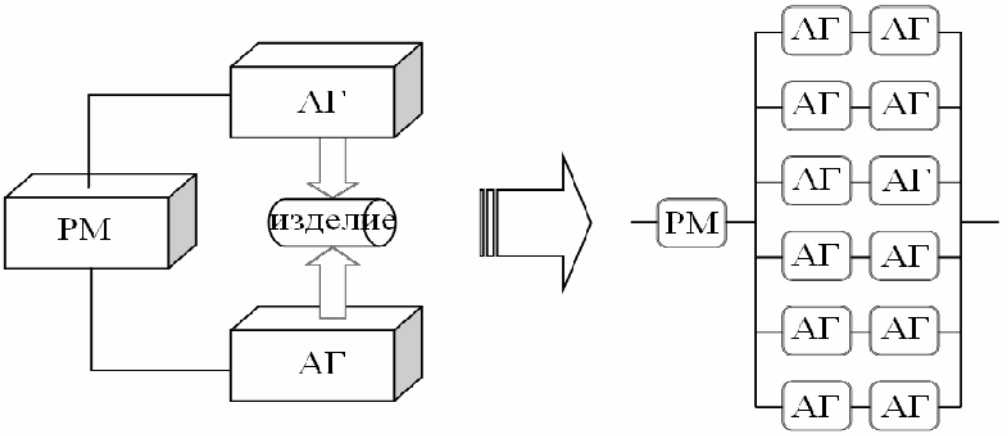

Рис. 1. Структурная схема агрегатной роторной машины

На рисунке 2 изображена структура агрегатной роторной машины, сформированная на основе структурной схемы многономенклатурной роторной машины. Такая роторная машина имеет классическую для технологических роторов компоновку, включающую систему привода (Прив), общую для всех агрегатных инструментальных блоков (АИБ). Агрегатный инструментальный блок состоит из устройств преобразования характеристик системы привода и накопителей инструментов и приспособлений. Неразветвляющаяся часть в логической схеме такой машины будет включать элементы РМ и Прив, а разветвляющая – АИБ.

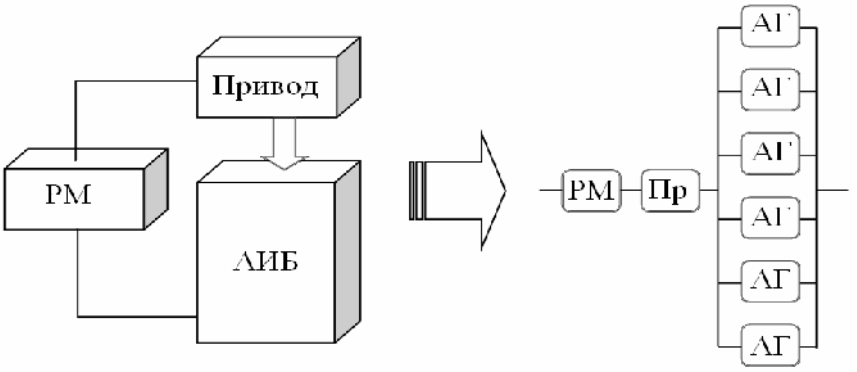

Рис. 2. Структурная схема альтернативной агрегатной роторной машины

Рассмотрим вероятность безотказной работы (ВБР) технологического ротора, схема которого показана на рисунке 1. Вероятность безотказной работы ТР может быть определена как сумма вероятностей нахождения машины во всех возможных состояниях.

Оценим ВБР ТР при следующих условиях.

1. ТР останавливается либо при отказе в неразветвленной системе, либо в случае выхода из строя более одной агрегатной головки или агрегатного инструментального блока.
2. Характеристики агрегатных головок и агрегатных инструментальных блоков являются одинаковыми, т.е. они имеют соответственно одинаковую производительность и обладают одинаковой вероятностью безотказной работы.

В соответствии с первым условием ТР1 может находиться в одном из состояний.

1. Сохранение полной производительности *P1*:

$$P1 = Pa^{12} \cdot Ppm, \tag{1}$$

где *Pa* – вероятность безотказной работы агрегатной головки.

Ppm – вероятность безотказной работы элементов технологического ротора.

2. Отказ одной агрегатной головки *P2*:

$$P2 = Ppm \cdot (\sum_{6} C_2^1) \cdot (1 - Pa) \cdot Pa^{11}, \tag{2}$$

где C_i^j – количество сочетаний из i по j.

3. Отказ элементов роторной машины или отказ более одного агрегатного блока *P*3.

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

$$P1 + P2 + P3 = 1. \tag{3}$$

Тогда ВБР ТР1 может быть определена по такой формуле:

$$P = 1 - P3 = P1 + P2. \tag{4}$$

$$P = Pa^{12} \cdot Ppm + Ppm \cdot (\sum_{6} C_2^1) \cdot (1 - Pa) \cdot Pa^{11}. \tag{5}$$

Зависимость вероятности безотказной работы ТР1 от вероятности безотказной работы агрегатных головок была определена при *Ppm* = 1 и *Pa*=0,980…1 (рис. 3).

Для оценки целесообразности применения предложенного ТР1 сравним его структурную ВБР со структурной ВБР технологического ротора (ТР2), выполненного по схеме, изображенной на рис. 2 (когда технологический ротор имеет общую систему привода, а изделия обрабатываются в агрегатных инструментальных блоках).

В соответствии с приведенными выше условиями ТР2 может находиться в одном из 3 состояний.

1. Сохранение полной производительности:

$$P1 = Ppm \cdot Ppr \cdot Pa^{6}, \tag{6}$$

где *Ppr* – вероятность безотказной работы элементов системы привода.

2. Отказ одного агрегатного инструментального блока:

$$P2 = Ppm \cdot (C_6^5) \cdot (1 - Pa) \cdot Pa^5 . \quad (7)$$

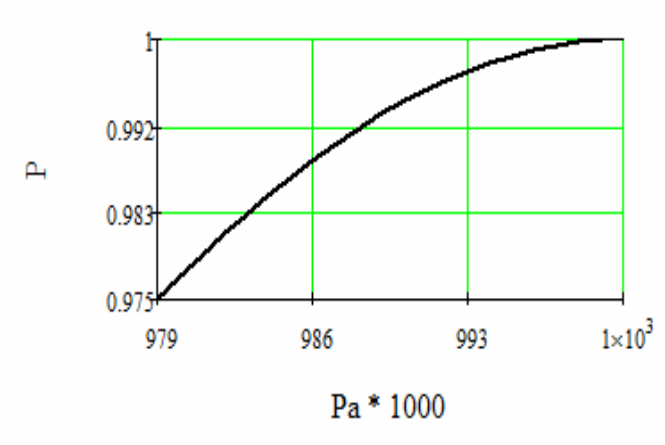

Рис. 3. Вероятность безотказной работы ТР1

3. Отказ элементов роторной машины, элементов системы привода или отказ более одного агрегатного блока *P3*.

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

$$P1 + P2 + P3 = 1. \quad (8)$$

Тогда вероятность безотказной работы ТР2 может быть определена по такой формуле:

$$P = 1 - P3 = P1 + P2. \quad (9)$$

$$P = Ppm \cdot Ppr \cdot Pa^6 + Ppm \cdot (C_6^5) \cdot (1 - Pa) \cdot Pa^5 . \quad (10)$$

На рисунке 4 представлена зависимость вероятности безотказной работы ТР2 от вероятности безотказной работы элементов системы привода и вероятности безотказной работы агрегатного инструментального блока. Очевидно, что оба эти показателя влияют на вероятность безотказной работы ТР2, однако надежность системы привода в данном случае будет оказывать решающее значение.

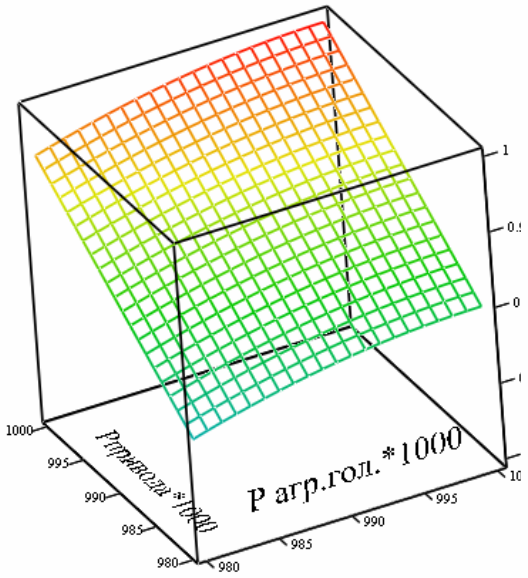

Рис. 4. Вероятность безотказной работы ТР2

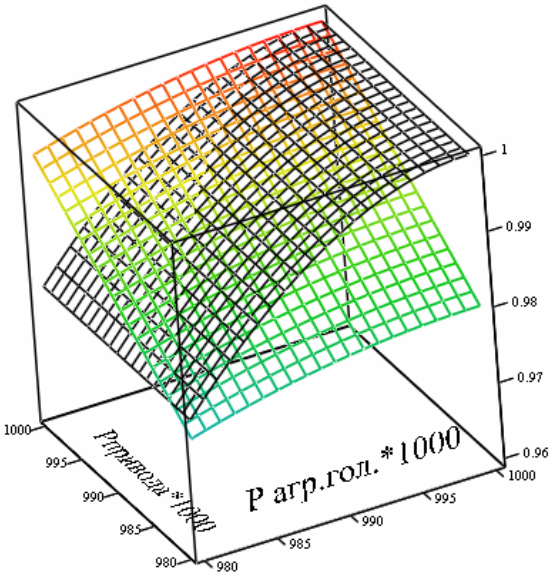

Рис. 5. Вероятность безотказной работы ТР1 и ТР2

На рисунке 5 приведены оба графика в одной системе координат.

3. Заключение

Из графиков (рис. 5) видно, что при низких значениях вероятности безотказной работы системы привода роторной машины применение первого варианта структуры будет более рациональным. Однако в настоящее время разработаны конструкции приводов роторных машин, имеющие достаточно высокую надежность. В то же время, графики на рисунке 5 показывают, что при достаточно высокой надежности системы привода второй вариант структуры агрегатной роторной машины позволит получить высокую вероятность ее безотказной работы даже при сравнительно низких значениях вероятности безотказной работы отдельных головок и агрегатных инструментальных блоков.

Список литературы:

1. Михайлов А. Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия / А. Н. Михайлов - Донецк: ДонНТУ, 2002.- 379 с.

2. Кошкин, Л. Н. Роторные и роторно-конвейерные линии / Л.Н.Кошкин - М.: Машиностроение, 1986. - 320 с.

3. Клусов И. А. Проектирование роторных машин и линий: Учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов / И. А. Клусов - М.: Машиностроение, 1990.- 320 с.

4. Автоматические линии в машиностроении. Справочник в 3-х томах / Под ред. Дащенко А.И. – М.: Машиностроение, 1984.

Y.O. Bulenkov

RATIONAL STRUCTURE CHOOSING FOR AGGREGATE ROTOR MACHINE

In the article it is suggested to carry out the rational structure of aggregate rotor machine on the basis of its structural reliability. Probability of faultless work is examined for two variants of machines structure. The first variant is foreseen by creation of these machines on a «classic» chart, when on the elements of corps of technological rotor autonomous aggregate heads are set fully. In the second variant the multitop-level rotor machine is taken for basis. It is set that at the low values of drive system faultless work probability it is more expedient to use the first variant, and the second variant of structure is more preferable at high reliability of drive.

Keywords: *probability of faultless work, aggregate head, rotor machine.*

Є.О. Буленков

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ АГРЕГАТНОЇ РОТОРНОЇ МАШИНИ

У статті пропонується здійснювати вибір раціональної структури агрегатної роторної машини на основі її структурної надійності. Розглядається ймовірність безвідмовної роботи для двох варіантів структури агрегатних роторних машин. Перший варіант передбачає створення даних машин по «класичній» схемі, коли на елементи корпуса технологічного ротора встановлюються повністю автономні агрегатні головки. У другому варіанті за основу взята запропонована автором багатономенклатурна роторна машина. Установлено, що при низьких значеннях імовірності безвідмовної роботи системи привода більш доцільно використовувати перший варіант, а другий варіант структури більше кращий при високій надійності привода.

Ключові слова: *імовірність безвідмовної роботи, агрегатна головка, роторна машина*

Надійшла до редколегії 18.05.2013 р.