УДК 621.01(06)

Е. А. Буленков, канд. техн. наук, доцент
Донецкий национальный технический университет
Тел./Факс: +38 (062) 3010805; *E-mail: bulenkov@ukr.net*

ОСОБЕННОСТИ КОМПОНОВКИ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ РОТОРНЫХ ЛИНИЙ

В статье рассматриваются различные компоновки многономенклатурных роторных линий. Анализируется время смены инструментов в групповых инструментальных блоках технологических роторов при различных вариантов компоновки линии. Обосновывается необходимость отказа от классических компоновок роторных линий, характерных для однономенклатурного производства и предлагается более рациональный вариант компоновки многономенклатурной роторной линии, обеспечивающий требуемое время смены инструментов в групповых инструментальных блоках.

Ключевые слова: *групповой инструментальный блок, смена инструмента, многономенклатурная роторная линия.*

Y. O. Bulenkov

FEATURES OF LAYOUT OF MULTINOMENCLATURE ROTOR LINES

Various layouts of multinomenclature rotary lines are discussed in this article. We analyze the tool changing time in the group tool blocks of the manufacturing rotors in the case of different layouts of line. The necessity of non-classical arrangements of rotors in line is proposed here. New arrangement gives a more streamlined version of the layout of multinomenclature rotary line and allows providing the required time for tool change in the group tool blocks.

Keywords: *group tool block, tool change, rotary diversified line.*

1. Введение.

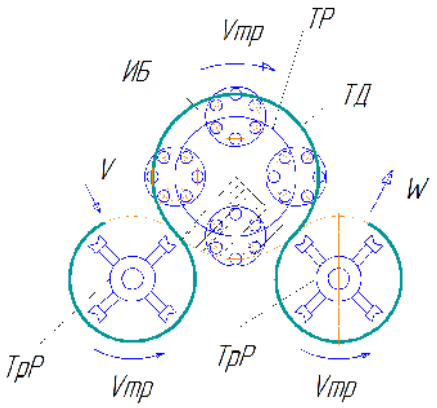
Применение технологических систем непрерывного действия для автоматизации машиностроительного производства в последние годы существенно сократилось [1-5]. Одной из основных причин этого является высокая производительность данных систем и большие объемы выпуска однотипных изделий, которые трудно продать в условиях рынка. Попыткой решения данной проблемы является проектирование многономенклатурных роторных линий [6-7]. Данные линии позволяют объединять крупносерийные производства в многономенклатурное массовое, что позволяет с одной стороны уменьшить объемы выпуска отдельных изделий, а с другой – обеспечить требуемую загрузку и производительность автоматической роторной линии. Такой подход особо эффективен при автоматизации производства крепежных изделий, имеющих схожую технологию и движения формообразования, и отличающихся формой конструктивных элементов [6-7]. Использование в данных линиях групповых инструментальных блоков позволяет существенно повысить машинную гибкость, однако применение инструментальных магазинов требует значительного времени на смену инструмента. Известные рекомендации по компоновочным решениям автоматических роторных линий принимались исходя из необходимости обеспечить максимальную производительность линии [8, 9]. Создание многономенклатурных роторных линий потребует пересмотра компоновочных решений с целью обеспечить необходимое время для смены инструмента в групповых инструментальных блоках. Таким образом, исследование зависимости времени на смену инструмента в групповых инструментальных блоках многономенкла-

турных роторных машин от принятой компоновки многономенклатурной роторной линии является актуальной задачей.

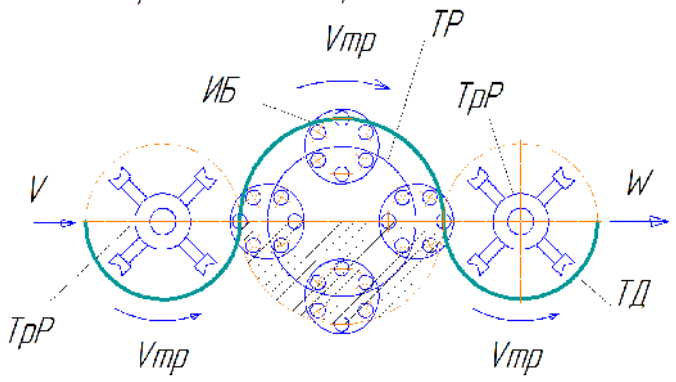
Целью выполнения данной работы является повышение эффективности производства стержневых крепежных изделий на многономенклатурных роторных линиях за счет выбора рациональной компоновки линии, обеспечивающей требуемое время для смены инструмента в групповых инструментальных блоках.

Для достижения поставленной цели необходимо решить такие задачи, - рассмотреть возможные компоновки многономенклатурных роторных линий, выявить зависимость времени смены инструмента в групповых инструментальных блоках от принятых компоновочных решений, разработать рекомендации по выбору компоновки линии.

а)



б)



в)

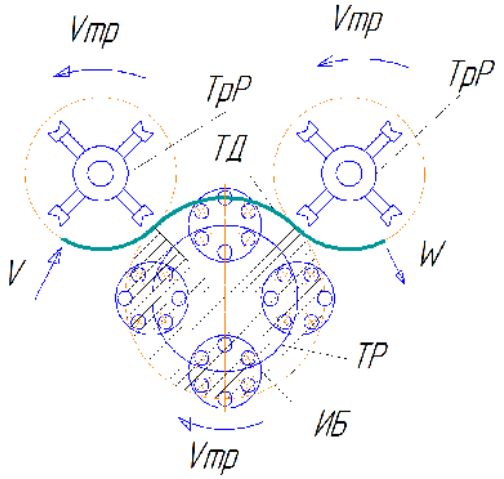


Рисунок 1 - Компоновки участка многономенклатурной роторной линии

2. Основное содержание и результаты работы.

На рисунке 1 показаны три варианта компоновки участка многономенклатурной роторной линии. На рисунке 1а показана классическая компоновка участка линии [8,9]. Изделия поступают в участок линии по входному потоку V и попадают в транспортный ротор ТрР, который, вращаясь в направлении Vтр, передает их в технологический ротор ТР. В процессе транспортирования изделий в технологическом роторе они обрабатываются в групповых инструментальных блоках ИБ и поступают в следующий транспортный ротор ТрР, откуда выгружаются по выходному потоку W. При этом толстой линией показана траектория движения изделия ТД. Из рисунка видно, - при такой компоновке большую часть времени изделие находится в зоне обработки, что позволяет увеличить производительность многономенклатурной роторной линии за счет рационального использования времени обработки изделия. Однако, при такой компоновке многономенклатурной роторной линии время на смену инструмента (зона смены инструмента заштрихована) будет минимальным. При высокой производительности

линии этого времени будет недостаточно для смены инструмента [7].

Компоновка, представленная на рисунке 1б, позволяет увеличить время смены инструмента. При расположении технологических и транспортных роторов в линию время смены инструмента будет равно времени обработки. Однако при этом снижается эффективность использования производственной площади. Следует отметить, что габаритные размеры многономенклатурных роторных линий значительно меньше традиционных металлорежущих станков, поэтому данное снижение эффективности использования площади несущественно.

На рисунке 1в представлена компоновка многономенклатурной роторной линии в которой время смены инструмента будет максимальным. При этом существенно снижается эффективность использования технологической роторной машины и при увеличении времени обработки потребует существенного увеличения размеров ротора. Такая схема обработки может быть применена в условиях штамповочного производства, когда время обработки (штамповки) может составлять доли секунды, - например, при штамповке головок винтов.

а) б) в) г)

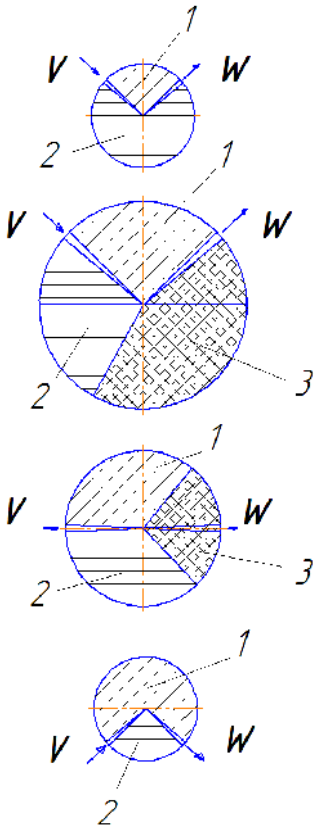


Рисунок 2 - Схемы технологических машин.

Представленные на рисунке 1 схемы позволяют выявить зависимость времени смены инструмента в групповых инструментальных блоках от принятых компоновочных решений. На рисунке 2 представлены схемы, иллюстрирующие эти зависимости. Рисунок 2а соответствует классической однономенклатурной роторной машине с вертикальной осью вращения [8, 9]. При этом детали поступают в машину по входному потоку V и выгружаются по выходному потоку W. Цифра 1 соответствует зоне смены инструмента, а цифра 2 показывает зону обработки. Остальные зоны, - зоны передачи изделия, зоны закрепления и раскрепления изделия и др. условно не показаны. В условиях многономенклатурного производства для смены инструмента в групповом инструментальном блоке нужно значительное время. При прочих равных условиях для обеспечения этого времени приходится увеличивать размеры роторной машины (рисунок 2б). При этом время обработки 2 остается без изменения, а остальное время роторная машина работает вхолостую, - зона 3. При расположении машин в линию (рисунок 2в) потери времени сокращаются, но при этом в результате согласования габаритных размеров машин и числа групповых инструментальных блоков возникают потери на участке смены инструмента. Такая схема будет наиболее эффективна когда время обработки соответствует времени смены инструментов. Схема на рисунке 2г соответствует компоновке многономенклатурной роторной линии, изображенной на рисунке 1в. При такой компоновке потерь не будет, однако данная схема применима только тогда, когда время обработки меньше времени смены инструмента.

Время кинематического цикла многономенклатурной роторной машины в общем случае может быть представлено в таком виде:

$$Тц = Тобр + Тсм ,$$

где Тц – время кинематического цикла,
Тобр – время обработки,
Тсм – время смены инструмента, включающее время передачи изделия.
В свою очередь, время обработки включает в себя:

$$Тобр = Тр + Тхх ,$$

где Тр – время непосредственной обработки изделия и время передачи изделий,
Тхх – время потерь на холостые ходы.
Время смены инструмента

$$Тсм = Тси + Тз + Тв + Тх ,$$

где Тси – время смены инструмента,
Тз – время загрузки изделия,
Тв – время выгрузки изделия, мин,
Тх – время потерь на холостые ходы.

Таким образом, для компоновки участка многономенклатурной роторной линии, представленной на рисунке 1а, время потерь на холостые ходы будет равно

$$Тсм = \frac{Тобр}{3} = \frac{Тр + Тхх}{3}, \text{т. е. } Тхх = 3Тсм - Тр$$

Для участка линии на рисунке 1б

$$Тсм = Тобр = Тр + Тхх, \text{т. е. } Тхх = Тсм - Тр .$$

Для участка линии на рисунке 1в

$$Тсм = 3Тобр, \text{т. е. } Тхх = \frac{Тсм}{3} - Тр .$$

На рисунке 3 показана гистограмма, построенная по указанным выше зависимостям. Гистограмма отображает величину потерь времени на холостые ходы для различных компоновок многономенклатурной роторной линии. Обозначения соответствуют участкам линии на рисунке 1.

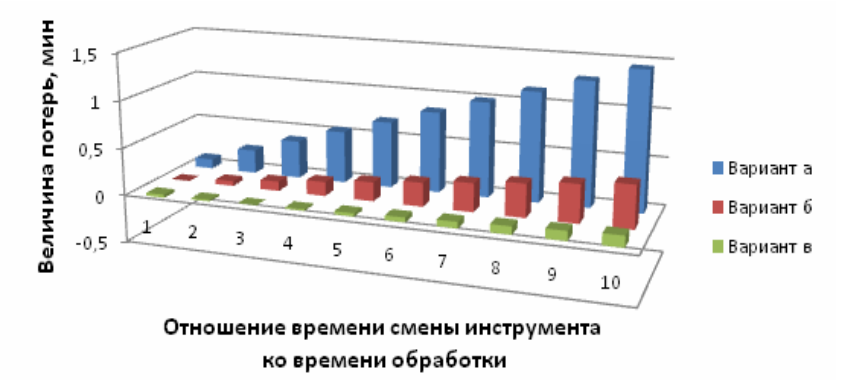


Рисунок 3 - Гистограмма потерь.

Следует отметить, что для участка многономенклатурной роторной линии, изображенной на рисунке 1в, характерны наименьшие потери времени на холостые ходы. Таким образом, при проектировании многономенклатурных роторных линий следует отказаться от классической компоновки линии в пользу варианта, изображенного на

рисунке 1в.

3. Заключение.

При проектировании многономенклатурных роторных приходится решать проблему обеспечения требуемого времени смены инструментов. В групповых инструментальных блоках используются инструментальные магазины, срабатывание которых позволяет заменить инструмент для обработки изделия другой номенклатуры. Известные рекомендации по компоновке автоматических роторных линий не всегда применимы в условиях многономенклатурного производства, т.к. данные рекомендации не предусматривали большие затраты времени на переналадку групповых инструментальных блоков. Проведенные исследования позволили установить, что при создании многономенклатурных роторных линий зачастую следует отказываться от классических компоновок, характерных для однономенклатурных роторных линий. Для технологических операций, продолжительность которых близка времени смены инструмента следует располагать роторные машины в линию. Для тех операций, продолжительность которых существенно меньше времени смены инструмента, более рациональной будет компоновка, представленная на рисунке 1в.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролович, Е. Н. Автоматические роторные линии - от создания к современному этапу промышленного развития / Н. Е. Фролович // Известия Тульского государственного университета. Серия Технические науки. – Тула: Тульск. гос. ун-т, 2012. - Вып. 2.- С. 394-402.

2. Albert, M. Multi-spindle Thinking For Machining Center Part [Электронный ресурс] / Modern Machine Shop. URL: http://www.mmsonline.com/articles/multi-spindle-thinking-for-machining-center-parts (Дата обращения:12.01.2017).

3. Rakowski, L. Boosting Part-making Efficiency With Rotary Transfer [Электронный ресурс] / Modern Machine Shop. URL: http://www.mmsonline.com/articles/boosting-part-making-efficiency-with-rotary-transfer.- (Дата обращения: 12.01.2017).

4. Дятчин, Н. И. История развития роторной техники и проблемы автоматических роторных линий на Алтае / Н. И. Дятчин // Вестник алтайской науки. – Барнаул: АлГу, 2009. - № 3. – С.130-136.

5. Прейс, В. В. Компоновка, производительность и надежность роторных машин для розлива жидких продуктов / В. В. Прейс, Е. Н. Фролович // Известия Тульского государственного университета. Серия: Технические науки – Тула: Тульск. гос. ун-т, 2010. - № 4-1. – С. 3-14.

6. Буленков, Е. А. Разработка технологических процессов изготовления крепежных изделий на многономенклатурных роторных линиях: учебное пособие / Е. А. Буленков. - Донецк: ДонНТУ, 2016. – 126 с.

7. Буленков, Е. А. Проектирование многономенклатурных роторных линий: учебное пособие / Е. А. Буленков. - Донецк: ДонНТУ, 2016. – 126 с.

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

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

Поступила в редколлегию 10.02.2017 г.