

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ РОТОРНЫХ МАШИН

Буленков Е. А., Чокнадий И. В. (кафедра ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Применение многономенклатурных роторных систем для изготовления различных изделий является перспективным путем автоматизации производства [1]. Однако новые многономенклатурные роторные системы обладают структурно-функциональными особенностями [2, 3], которые существенно усложняют применение для их создания известных методик проектирования [4]. Объединение группы серийных производств для изготовления изделий на многономенклатурных роторных системах позволяет с одной стороны обеспечить требуемую загрузку данных систем, но с другой стороны изготовление группы изделий в каждой многономенклатурной рабочей позиции приводит к увеличению конструктивной сложности всей системы. Разработка общей методики создания новых высокоэффективных многономенклатурных роторных систем позволит учесть их структурно-функциональные особенности и обоснованно решать вопросы снижения конструктивной сложности данных систем.

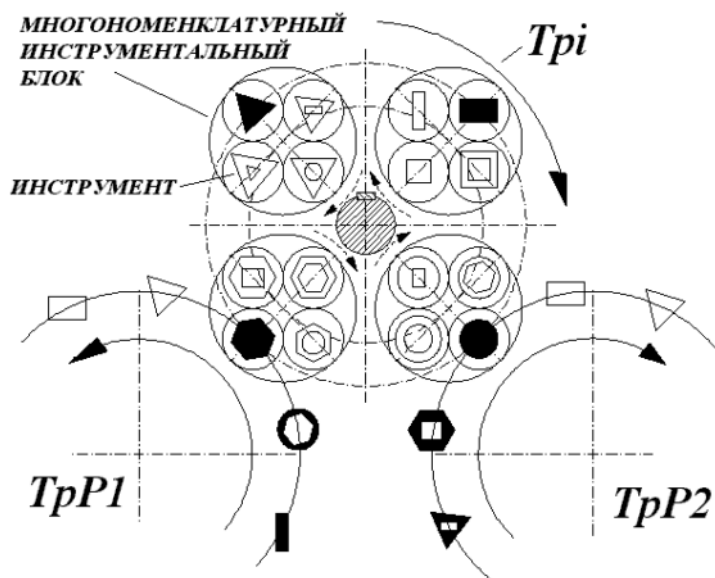


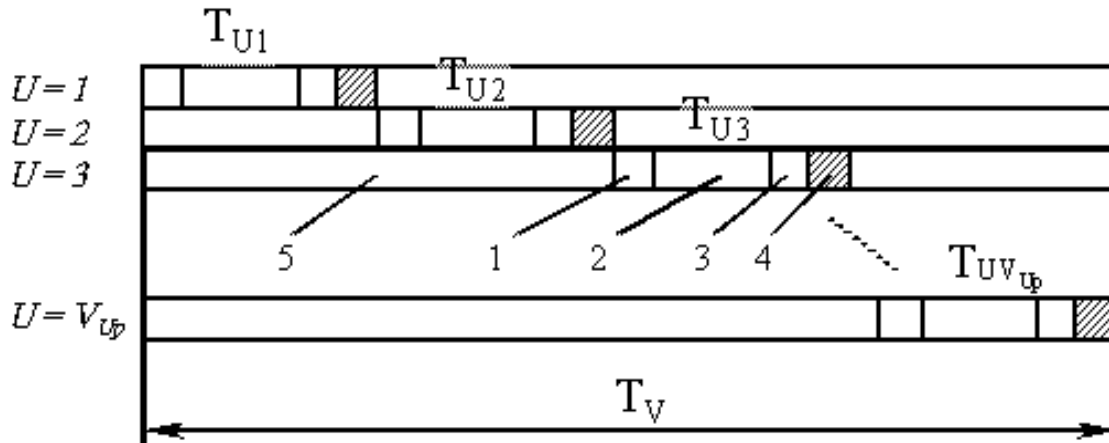
Рис. 1. Схема многономенклатурной роторной машины

На рис. 1 изображена схема многономенклатурной роторной машины Tr_i , обеспечивающей обработку нескольких изделий в каждой рабочей позиции. При этом на рисунке изображены четыре многономенклатурных инструментальных блока, в каждом из которых располагаются инструментальные барабаны, содержащие по четыре инструмента. При обработке изделия поступают из транспортного ротора $TrP1$ и обрабатываются в многономенклатурном инструментальном блоке одним из инструментов.

После завершения технологического цикла обработки изделия передаются в транспортный ротор $TrP2$, а за время холостого хода в многономенклатурном инструментальном блоке происходит замена инструмента для обработки изделия другой номенклатуры поворотом инструментального барабана.

Конструктивная сложность многономенклатурных роторных машин (МРМ) определяется необходимостью обработки большого количества изделий на машинах с небольшим числом многономенклатурных рабочих позиций. В связи с этим, параметры кинематики будут различными для различных соотношений числа типоразмеров изделий и числа рабочих позиций. Следует отметить, что число инструментов в каждой многономенклатурной рабочей позиции определяется при анализе параметров маршру-

Учитывая структурно-функциональные особенности МРМ, их структура кинематики кроме времени кинематического цикла T_k , присущего всем роторным машинам, будет включать время цикла типоразмеров изделий T_{Z0} и время цикла МРМ T_{Up} (рис. 2). При этом время цикла типоразмеров отображает время, необходимое для обработки всех типоразмеров изделий на данной МРМ, а время цикла МРМ показывает время, в



течение которого все многономенклатурные рабочие позиции (U_{pi}) i -й МРМ примут участие в обработке изделий. Следует отметить, что время кинематического цикла T_k в данном случае указано для каждой многономенклатурной рабочей позиции, в связи с чем во времени цикла МРМ оно смещается на величину $\frac{T_{Up}}{U_{pi}}$.

$$T_{Up} = U_p \cdot T_k \cdot$$
$$T_{Z_0} = Z_0 \cdot T_k.$$

4

$$T_V = V_{Up} \cdot T_U.$$

При этом время цикла структурного элемента многономенклатурной рабочей позиции состоит из нескольких параметров:

$$T_V = t_1 + t_2 + t_3 + t_4.$$

В качестве допущения, на начальном этапе проектирования МРМ для упрощения расчетов можно принять $T_U \approx T_k$. Тогда выражение для определения времени цикла рабочей позиции можно представить в таком виде

$$T_V = V_{Up} \cdot T_k.$$

Важное практическое значение имеет время обслуживания структурного элемента многономенклатурной рабочей позиции, которое находится по формуле

$$t_5 = T_V - T_U = V_{Up} \cdot T_k - T_k = T_k \cdot (V_{Up} - 1). \quad (1)$$

При этом зависимость времени цикла МРМ от времени цикла рабочей позиции описывается выражением

$$T_{Up} = \frac{U_p}{V_{Up}} \cdot T_V.$$

Аналогично находится зависимость времени цикла типоразмеров изделий от времени цикла рабочей позиции

$$T_{Zo} = \frac{Zo}{V_{Up}} \cdot T_V.$$

Таким образом, предложенная методика позволяет рассчитать кинематические параметры МРМ и определяет соотношения между ними.

Следует отметить, что благодаря структурно-функциональным особенностям новых МРМ, в структуре их кинематики время обслуживания структурных элементов многономенклатурных рабочих позиций существенно превышает аналогичное время в многономенклатурных роторных машинах, в которых обрабатывается по одному изделию в каждой рабочей позиции. Инструменты и приспособления в новых МРМ обслуживаются более эффективно, что повышает их работоспособность и благоприятно сказывается на качестве получаемых изделий. При этом, с увеличением числа инструментов в каждой многономенклатурной рабочей позиции время обслуживания их структурных элементов (формула 1) увеличивается (рис. 3). Данное обстоятельство позволит

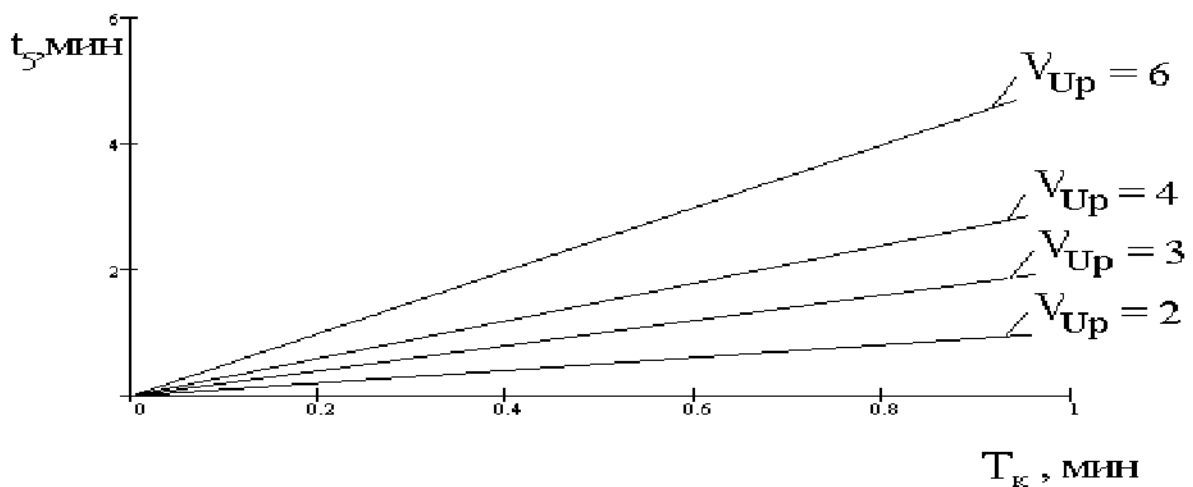


Рис. 3. Зависимость времени обслуживания от времени кинематического цикла

реализовать требуемое время обслуживания инструментов и приспособлений при разработке групповых технологических процессов изготовления изделий и при структурном синтезе МРМ.

Следует отметить, что исследование особенностей кинематики позволило выявить скрытые резервы повышения производительности МРМ. В структуре цикла рабочей позиции при осуществлении загрузки и выгрузки изделия вне зоны обработки (рис. 4) цикл рабочей позиции уменьшается на величину $V_{up} \cdot (t_1 + t_3)$. Кроме этого, возможно увеличение времени загрузки и выгрузки изделий за счет уменьшения времени обслуживания структурных элементов многономенклатурной рабочей позиции. Все обозначения на рисунке 3 соответствуют обозначениям, приведенным на рисунке 1.

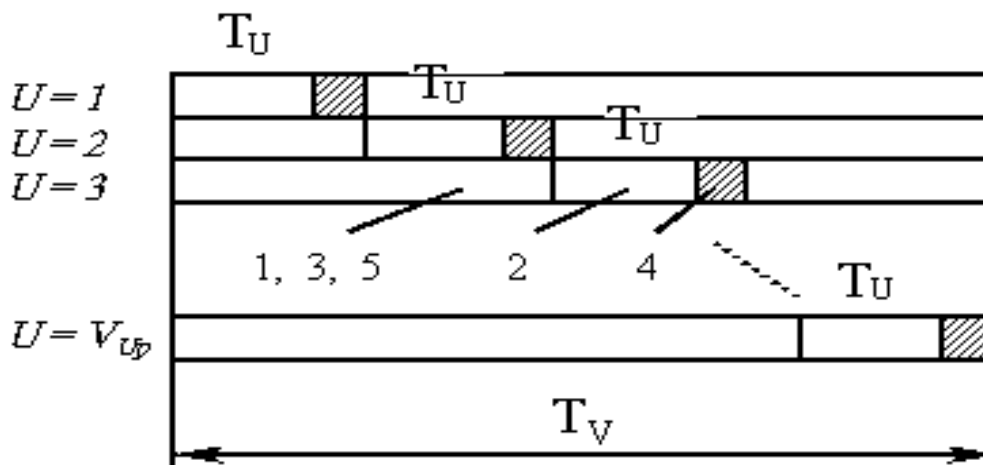


Рис. 4. Вариант структуры кинематики многономенклатурной рабочей позиции.

Таким образом, особенности кинематики МРМ являются их структурно-функциональными особенностями. Проведенные исследования позволяют решать вопросы конструктивной сложности МРМ за счет размещения устройств обслуживания инструментов и приспособлений вне зоны обработки, а также обеспечения коэффициента использования машин за счет резервов кинематики.

Список литературы: 1. Кошкин Л. Н. Роторные и роторно-конвейерные линии.- М.: Машиностроение, 1986.- 320 с. 2. Буленков Е. А., Михайлов А. Н. Определение параметров маршрутизации изделий в многономенклатурных роторных системах с помощью многомерной алгебры групп. //Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. - Донецк: ДонНТУ, 2005. - Вып. 29. С. 38 - 44. 3. Буленков Е. А., Михайлов А. Н. Использование двухмерной алгебры групп при синтезе многономенклатурных роторных систем. //Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. - Донецк:ДонНТУ, 2005. - Вып. 30. С. 48 - 55. 4. Клусов И. А. Проектирование роторных машин и линий: Учеб. пособие для студентов машиностроит. спец. вузов.- М.: Машиностроение, 1990.- 320 с.; ил. 5. Михайлов А. Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия.- Донецк: ДонНТУ, 2002.- 379 с.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ТОРГОВЫХ АВТОМАТОВ

Маляренко А.Д., Дробова А.А. (БНТУ, г.Минск, Республика Беларусь)

Одним из факторов повышения культуры обслуживания, особенно в сфере общественного питания, является использование торговых автоматов. Реализация отдельных видов пищевой продукции через автоматы обеспечивает оперативность обслуживания посетителей, позволяет расширить торговую сеть и увеличить объем товарооборота, снижает потребность расширения штата сотрудников и повышает рентабельность предприятия, делает возможным приобретать товары в любое время суток.

Торговыми автоматами называются устройства, которые в автоматическом режиме (без оператора) осуществляют процесс механического обмена товара на деньги или другие денежные эквиваленты [1]. Для продажи используют различные виды торговых автоматов. Торговые автоматы классифицируют в основном по двум признакам: по ассортименту (для продажи жидких и штучных товаров) и способу выдачи товаров.

Рассмотрим конструктивные особенности торговых автоматов для продажи штучных товаров. Товары в автоматах этого класса, упакованные в пакеты, коробки, бутылки, пачки и т.п., размещают в загрузочных устройствах откуда с помощью определенного механизма товар транспортируется к месту выдачи.

Независимо от назначения и свойств продаваемой продукции торговые автоматы имеют следующие узлы и механизмы: корпус, емкость для хранения товара, дозирующее устройство, транспортирующее устройство (механизм выдачи товара), купюро- или монето-приемник, устройство для поддержания заданных температурных режимов и давления, электрооборудование и элементы автоматики, вспомогательное оборудование. Основным устройством, определяющим устройство торгового автомата, является транспортирующее устройство.

Исходя из особенностей механизма транспортирующего устройства торговые автоматы можно разбить на следующие группы: автоматы с обойменной (барабанной) выдачей товара, автоматы со спиральной выдачей товара, автоматы с конвейерной выдачей товара.

В автоматах с обойменной выдачей товара механизм выдачи представляет собой обойму, в которую загружается товар, и при одиночном срабатывании затвора из обоймы извлекается единичный товар. Товар загружается в вертикальные колонки, внизу каждой колонки находится створка выдачи товара, которая связана с электродвигателем. После получения автоматом от покупателя нужной суммы денег с главного контроллера подается сигнал на выдачу товара; при этом включается электродвигатель, который открывает створку выдачи. Для того чтобы весь товар из колонки не провалился через открывшуюся створку, из стенки колонки выдвигается демпфер (тормозящая пластинка), который упирается в предпоследний товар и прижимает его к стенке колонки. На каждую колонку таких демпферов два: один прижимает предпоследний товар, а другой выдвигается в центре колонки, уменьшая давление остальных единиц товара на нижнюю. Поскольку предпоследний товар прижат демпфером к стенке колонки и створка выдачи открыта, то последний товар под действием своего веса проваливается в окно выдачи. По окончании цикла выдачи товара демпферы убираются обратно в стенку колонки, и оставшийся в колонке товар под своей тяжестью опускается на закрывшуюся створку выдачи (рис. 1) [2].

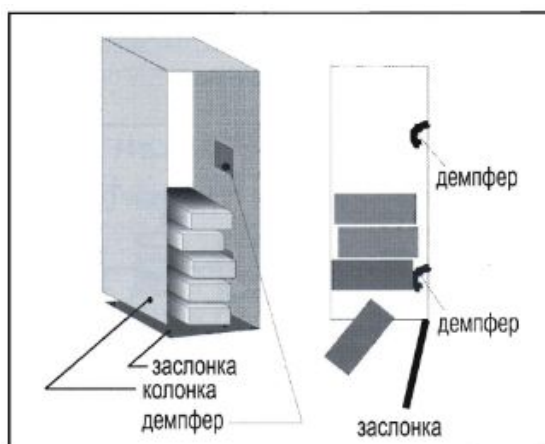


Рис. 1. Схема обойменной выдачи товара

Такой способ выдачи имеет ряд недостатков. Товары должны быть определенных габаритов и формы в соответствии с размерами колонки. Если товар слишком мал, то в течение цикла выдачи демпферы не смогут прижать его к стенке колонки и часть товара, успевшая проникнуть через открытую створку за период выдачи, попадает к покупателю, что приводит к убыткам. При чрезмерно больших габаритах товар может заклинить внутри колонки, и тогда покупатель его не получит.

К достоинствам можно отнести тот факт, что автоматы имеют закрытую витрину и товары находятся в закрытых колонках, что позволяет защитить товар от краж. В то же время закрытую витрину можно отнести и к минусам, поскольку покупатель, подходя к автомату, не видит реального товара, который он хочет приобрести.

Таким образом, данная конструкция автомата предполагает узкий диапазон размеров товаров для продажи. Поэтому для варьирования размеров продаваемых товаров можно использовать различные типы проставок, которые необходимо крепить к стенкам колонки для товаров меньшего размера.

Другой разновидностью торговых автоматов для штучных товаров являются автоматы со спиральной выдачей товара, которые выпускаются многими фирмами. Данный тип автоматов – самый распространенный в мире. Для аппаратов характерна открытая витрина, которая обычно подсвечивается и все товары покупатель может видеть через стекло. Витрина состоит из полок, расположенных друг под другом. Полки разбиты на колонки, в каждой из которых располагается спираль. Между витками спиралей закладывается товар для продажи. Спирали имеют собственный электродвигатель, расположенный в задней части полки и связанный со спиралью через редукционные шестерни. Механизм перемещения товара к устройству выдачи следующий: главный контроллер подает сигнал на выдачу товара, электродвигатель запускается и спираль делает оборот вокруг своей оси, после чего электродвигатель отключается. При вращении спирали вложенный в нее товар перемещается по спирали в направлении витрины. Когда спираль заканчивается, товар падает в лоток выдачи, откуда он извлекается покупателем, а находящиеся за ним единицы продукции приближаются на один шаг к краю спирали.

Достоинства данного типа торговых автоматов является универсальность – способность продавать товары разной формы упаковки. Для того чтобы перестроить автомат для продажи других товаров необходимо применять спирали с различным шагом, можно объединять ячейки и использовать двойные спирали с противоположным вращени-

ем, для продажи узких товаров необходимо использовать спиральные разделители (рис. 2).

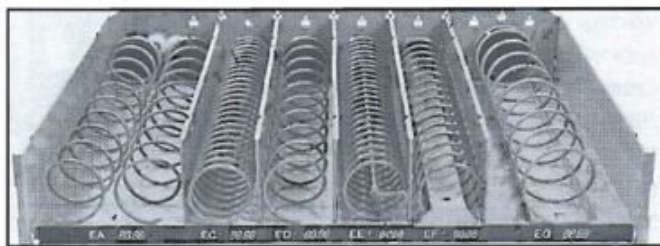
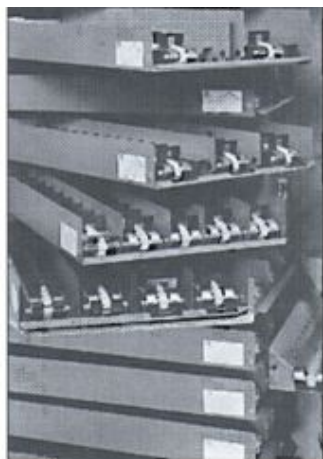


Рис. 2. Варианты спиралей

Недостатком спиральной конструкции в торговых автоматах является ограниченность ассортимента – продавать можно лишь товары, выдерживающие падение с высоты; высокая вероятность заклинивания товара – например, между полками и стеклом витрины.

Вторую из перечисленных проблем можно частично решить с помощью датчика контроля выдачи, сканирующий окно выдачи. Когда товар попадает в поле зрения сканера, контроллер получает сигнал, что товар доставлен по назначению, а если сигнал отсутствует, то спираль прокручивается вторично.

Третьей разновидностью торговых автоматов для штучных товаров являются автоматы с конвейерной выдачей товара. В автомате имеются горизонтальные полки для установки товаров и лифтовая полка для транспортировки товара к окну выдачи (рис. 3а).



а) а) внутренний вид, б) схема загрузки конвейерной ленты

Рис. 3. Автомата с конвейерной выдачей

На каждой полке расположены колонки (от 2 до 5), внутри которых находятся конвейерные ленты (транспортеры). Товар укладываются на конвейер между пластинами-разделителями, закрепленными на конвейерной ленте (рис. 3б), которые довольно легко устанавливаются на ленту с различным шагом. При выборе покупателем нужного

товара поисковая система автомата включает лифтовую полку, которая перемещается к выбранной полке с нужным товаром; после остановки лифтовой полки включается лента-транспортёр с выбранным товаром. При движении конвейерной ленты товар, находящийся ближе к лифтовой полке, падает в нее и пересекает инфракрасные лучи, после чего конвейерная лента останавливается. Лифтовая полка опускается до окна выдачи товара, и включается конвейерная лента, установленная на лифтовой полке, после чего товар подается в окно выдачи, где он становится доступным покупателю. Расширить ассортимент продаваемых товаров позволяют автоматы с многорядным расположением транспортёрных лент [1].

Достоинствами такого типа автоматов являются высокая степень загрузки и широкий диапазон размеров продаваемых товаров. Это автомат последнего поколения, в котором устранены недостатки автоматов, описанных выше.

На основе анализа различных конструкций автоматов, можно сделать следующие выводы: каждый из рассмотренных механизмов для перемещения и выдачи товаров имеет как свои преимущества, так и недостатки. Однако наиболее целесообразно использовать автоматы с конвейерной выдачей товара, так как используемые здесь механизмы хранения и перемещения товара позволяют: во-первых, продавать товары различной формы и размеров, во-вторых, механизм перемещения и выдачи товара (лифтовая полка, конвейерная лента) позволяет продавать товары, не выдерживающие падение с высоты (стеклянная тара).

Список литературы: 1. Кащенко, В.Ф. Торговое оборудование / В.Ф. Кащенко, Л.В. Кащенко. – Москва: Альфа-М, 2006. – 397 с. 2. Гуляев, В.А. Оборудование предприятий торговли и общественного питания / В.А. Гуляев, В.П. Иваненко, Н.И. Исачев. – Москва: Инфра-М, 2004. – 541 с.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ СОПРЯЖЕНИЯ ВАЛ - ШАТУН

Меркулов М.В. (каф. ТМ, ДонНТУ, Донецк, Украина)

На заводе «Компрессор» проводилось исследование сопряжения вала с шатуном в поршневом компрессоре. Рассматриваемое сопряжение (пара вал-шатун) используется в поршневом герметичном компрессоре, где передача движения поршня осуществляется с помощью кривошипно-шатунного механизма. В условиях непрерывного производства выборки делались периодически. Это позволяет судить об изменениях в наложенности технологического процесса.

Перед заполнением простых контрольных карт экспериментальными данными на них наносится граница регулирования, соответствующая предельному значению контролируемого параметра при налаженном технологическом процессе. В данном примере это верхнее и нижнее предельные отклонения от номинального размера. В случае превышения этого значения контролируемым параметром (выхода за границу регулирования) принимается решение о том, что технологический процесс разлажен и требует регулировки (наладки). [1]

На рис. 1 представлена схема сопряжения вала с шатуном. Вал 1, диаметр которого обозначим d_1 , сопрягается с внутренней цилиндрической поверхностью шатуна 2 (диаметром D). Финишная обработка вала осуществляется на круглошлифовальном

станке модели 3М 153 СФ1. Финишная обработка шатуна происходит на хонинговальном станке модели 3Е 820 МОП 323.

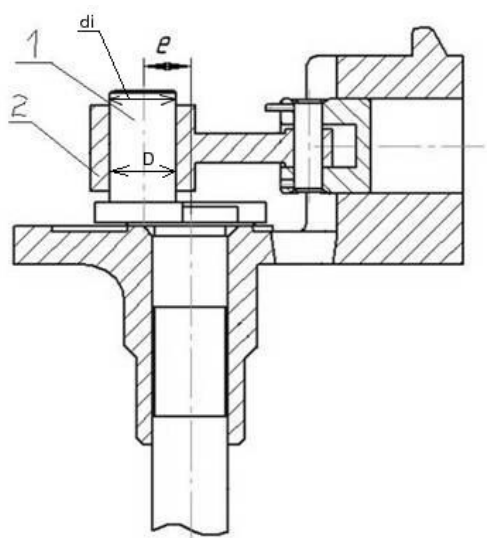


Рис.1. Схема пары вал-шатун

Исследование пары выполнялось замером каждого из параметров вала и шатуна: d_i , D_{\min} и D_{\max} (минимальное и максимальное отклонение от круглости) при помощи выборки объемом в 50 измерений. Результаты, полученные при измерении, представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Отклонения диаметра вала d_i

№ дет.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_i	-20	-20	-22	-20	-19	-21	-21	-19	-19	-18
№ дет.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d_i	-18	-18	-19	-20	-23	-20	-19	-20	-21	-18
№ дет.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
d_i	-19	-22	-18	-19	-19	-19	-18	-21	-21	-20
№ дет.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
d_i	-20	-21	-21	-20	-21	-21	-20	-21	-21	-19
№ дет.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
d_i	-21	-21	-21	-20	-21	-21	-20	-18	-21	-22

Таблица 2. Отклонения диаметра шатуна (D_{min} и D_{max})

№ дет.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_{min}	5	4	6	7	4	5	5	6	8	6
D_{max}	5	4	7	8	5	6	6	7	9	7
№ дет.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
D_{min}	6	5	8	6	6	6	3	10	5	6
D_{max}	7	7	9	7	7	7	4	11	6	7
№ дет.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
D_{min}	6	5	6	5	5	7	10	4	4	6
D_{max}	7	6	7	6	6	8	11	5	5	7
№ дет.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
D_{min}	3	5	3	5	2	5	2	4	3	5
D_{max}	4	6	4	6	3	6	3	5	4	6
№ дет.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
D_{min}	2	4	3	3	3	4	4	3	3	3
D_{max}	3	5	4	4	4	5	5	4	4	4

На рис. 2 представлена диаграмма рассеивания значения диаметра вала d_i ; данные для построения диаграммы взяты из таблицы 1. Границы поля допуска выделены жирными линиями. Анализируя результаты измерений, можно констатировать тот факт, что бракованных деталей во взятой выборке нет.

На рис. 3 представлена диаграмма рассеивания значений диаметра цилиндрической поверхности шатуна (D_{min} и D_{max}). Что касается размеров по данным измерениям, то в данной выборке брак так же не был обнаружен.

Рис. 2. Диаграмма рассеивания значения диаметра вала d_i

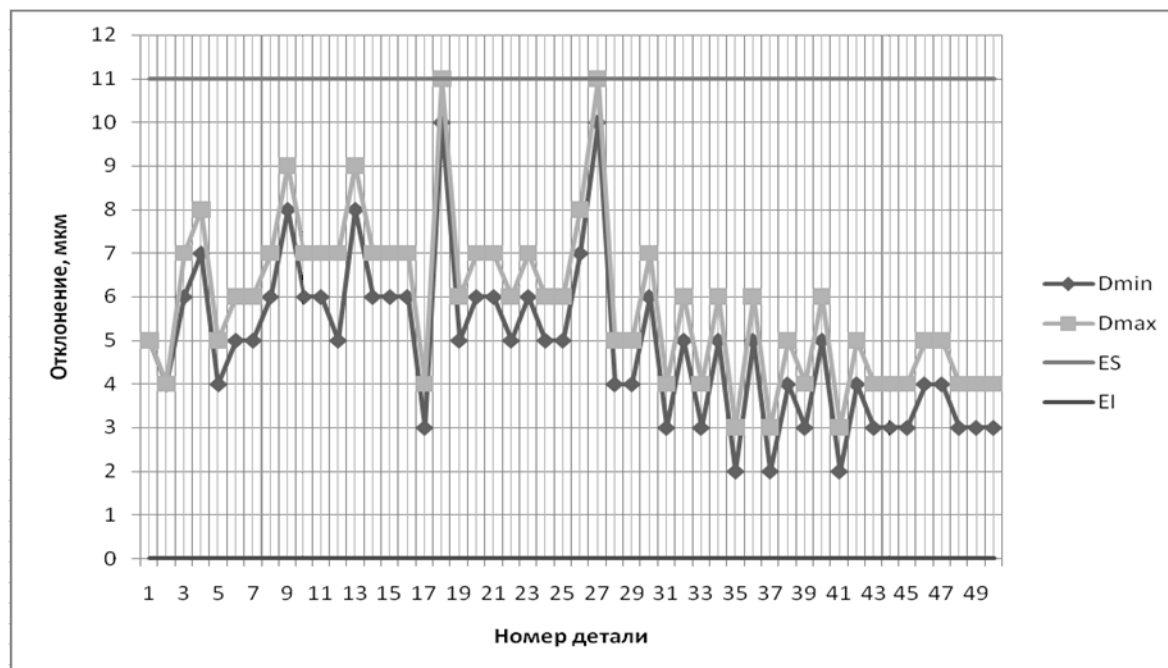


Рис. 3. Диаграмма рассеивания значения диаметра цилиндрической поверхности шатуна (D_{min} и D_{max})

В настоящее время для определения эффективности производственного процесса все чаще используют данный статистический метод анализа. Он отличается низкой стоимостью и трудоемкостью, позволяет найти условия наилучшего функционирования изучаемого процесса. [2] Такой метод основан на получении и обработке большого количества наблюдений, которые обеспечивают полный объем информации. Статистический метод применяют для исследования точности технологических процессов в серийном и массовом производствах, поэтому данный метод можно использовать в условиях массового производства на заводе «Компрессор».

Выводы: контроль является важным видом производственной деятельности. В работе использован инструментальный метод контроля, который так же носит название технического. Эксперимент показал, что выборка не содержит бракованных деталей, а значит технологический процесс их изготовления является стабильным. В дальнейшей работе планируется более основательное исследование пары вал-шатун, с использованием карт кумулятивных сумм для анализа выборок.

Список литературы: 1. «Прогрессивные направления развития машиноприборостроительных отраслей и транспорта»: Тезисы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Севастополь: Издательство СевНТУ, 2010. 2. Шишкин И. Ф. Контроль: Учеб. пособие. — СПб.: СЗПИ. 1992 — 62 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАРШРУТИЗИЦИИ ИЗДЕЛИЙ В РАЗВЕТВЛЯЮЩИХСЯ ПОТОЧНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Михайлов А.Н., Михайлов Д.А. (кафедра ТМ, ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

Функционирование поточно-пространственной технологической системы [1] представляет собой сложный процесс, который задается ее структурой и определяется как множество последовательных во времени состояний множества блоков технологического воздействия (элементов). Их функционирование – это стабильная способность к целенаправленным технологическим воздействиям орудий и средств обработки (блоков технологического воздействия) на изделия, выполняемых в соответствии со структурой технологической системы по заданному алгоритму.

Поточно-пространственная технологическая система непрерывного действия [1] обычно состоит из большого числа подсистем и технологических элементов (блоков технологического воздействия), структура которой строится на базе многомерных супергрупп (рис.1). Это вызывает сложный процесс функционирования такой технологической системы, который проявляется возникновением сложной структуры маршрутов движения изделий по позициям и подсистемам технологической системы. При этом определение и управление показателями качества функционирования поточно-пространственной технологической системы невозможно без исследования параметров маршрутизации изделий. Поэтому в данной работе выполняются исследования, связанные с определением основных параметров маршрутизации изделий в поточно-пространственных технологических системах с разветвляющимися потоками и имеющих многомерную структуру блоков технологического воздействия.

В работе [1,2,3] решены вопросы определения параметров маршрутизации изделий в поточно-пространственной технологической системе, структура которой описывается многомерной супергруппой и имеющей один входной и выходной поток изделий. Можно заметить, что определение параметров маршрутизации изделий для поточно-пространственной технологической системы с помощью обычной алгебры групп [4] не представляется возможным. Потому в работе [1] разработана многомерная алгебра группы, позволяющая определить параметры маршрутизации изделий, проходящих по многомерным супергруппам и представляющих собой замкнутые рекуррентные многомерные группы.

Супергруппа (рис.1) множества A_i элементов (блоков технологического воздействия) порядка v_i состоит из множества p -го класса подсистем A_{ip} порядка v_{ip} , каждая из которых также состоит из множества $(p-1)$ -го класса подсистем $A_{i(p-1)}$ порядка $v_{i(p-1)}$ (более низкого класса), которые также состоят из множества подсистем еще более низкого класса, и так далее, причем последние подсистемы состоят уже из элементов (блоков технологического воздействия). Здесь следует от-

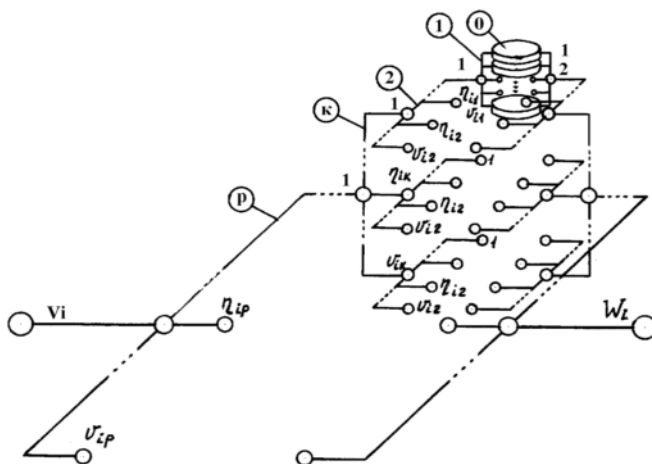


Рис.1. Структура многомерной супергруппы

метить, что множество подсистем каждого класса в поточно-пространственной технологической системе является замкнутой рекуррентной циклической группой, каждая из подсистем которой в свою очередь является замкнутой рекуррентной циклической группой, и так далее. То есть в супергруппе существует многомерность построения элементов. Порядок подсистем многомерной супергруппы определяется множеством:

$$V_i = \{V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{ip}\}$$

где V_{ik} - порядок подсистемы k -го класс;

p - число классов подсистем супергруппы.

Можно заметить, что отображение одномерных групп, например A_i на A_{i+1} может быть трех типов [5] (рис.2):

- инъективное отображение (рис.2, а);
- биективное отображение (рис.2, б);
- суръективное отображение (рис.2, в).

Основные параметры этих отображений для одномерных циклических рекуррентных групп могут быть найдены с помощью алгебры групп [4]. С точки зрения маршрутизации изделий в технологических системах непрерывного действия, выполненных на базе роторных или роторно-конвейерных линий [6], отображения множеств (рис.2) можно выразить с помощью следующих видов маршрутизации изделий:

- простая маршрутизация (рис.2, а);
- неполная маршрутизация (рис. 2,б);
- сложная маршрутизация (рис.2, в).

Если множества A_i и A_{i+1} представляют собой многомерные рекуррентные супергруппы [1], то между каждым классом подсистем может действовать одно из трех типов отображений, число которых будет равно количеству классов подсистем супергруппы. Общее число возможных различных композиций отображений в супергруппе по классам подсистем определяется по формуле:

$$S = 3^{P_i},$$

где p_i - число классов подсистем i -й супергруппы поточно-пространственного технологического модуля.

Можно отметить, что когда взаимодействующие соседние поточно-пространственные технологические модули имеют только один входной и выходной потоки изделий, то здесь параметры отображений определяются на основании методики приведенной в работах [1,2,3]. Однако на практике возможны случаи, когда поточно-пространственная технологическая система имеет сложную структуру, выполненную в виде супергрупп, содержит несколько входных или выходных потоков изделий. Это особенно часто встречается на многономенклатурных и сборочных технологических системах. Заметим, что для технологических систем состоящих из одноциклических групп и имеющих несколько входных или выходных потоков изделий параметры отображений элементов групп (параметры маршрутизации) определены в работе [7]. При этом определение параметров маршрутизации изделий в поточно-пространственных технологических системах, с разветвляющимися потоками изделий, является крайне необходимой задачей для изучения и управления их процессом функционирования. Поэтому далее приводится решение этой проблемы на базе разработанной в работе [1] многомерной алгебры групп.

На рис.3 показана гипотетическая модель поточно-пространственной технологической системы с разветвляющимися потоками изделий. Здесь представлено: V - вход изделий, $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$ - обобщенный выход изделий, A - входной поточно-пространственный технологический модуль (входная многомерная замкнутая рекуррентная супергруппа элементов (блоков технологического воздействия)), B_i - i -й выходной поточно-пространственный технологический модуль (i -я выходная многомерная замкнутая рекуррентная супергруппа элементов (блоков технологического воздействия)), n - общее число выходных технологических модулей.

Зададим многомерную структуру блоков технологического воздействия входного технологического модуля следующим множеством:

$$A = \{A_p, A_{p-1}, \dots, A_k, \dots, A_2, A_1\}. \quad (1)$$

Здесь:

$$\left. \begin{aligned} A_p &= \{A_{(p-1)1}, A_{(p-1)2}, \dots, A_{(p-1)u_p}\}; \\ A_{p-1} &= \{A_{(p-2)1}, A_{(p-2)2}, \dots, A_{(p-2)u_{(p-1)}}\}; \\ &\dots \\ A_k &= \{A_{(k-1)1}, A_{(k-1)2}, \dots, A_{(k-1)u_k}\}; \\ &\dots \\ A_2 &= \{A_{11}, A_{12}, \dots, A_{1u_2}\}; \\ A_1 &= \{a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1u_1}\} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где A_k - множество подсистем $(k-1)$ -го класса в подсистеме k -го класса;

$A_{(k-1)\eta}$ - η -я подсистема $(k-1)$ -го класса в подсистеме k -го класса;

u_k - порядок множества A_k ;

a_{1m} - m -й элемент множества A_1 .

Множество B содержит следующие подсистемы

$$B = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}. \quad (3)$$

Здесь:

$$B_i = \{B_{ip_i}, B_{i(p_i-1)}, \dots, B_{ik_i}, \dots, B_{i2}, B_{i1}\}, \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} B_{ip_i} &= \{B_{i(p_i-1)1}, B_{i(p_i-1)2}, \dots, B_{i(p_i-1)v_{p_i}}\}; \\ B_{i(p_i-1)} &= \{B_{i(p_i-2)1}, B_{i(p_i-2)2}, \dots, B_{i(p_i-2)v_{(p_i-1)}}\}; \\ &\dots \\ B_{ik_i} &= \{B_{i(k_i-1)1}, B_{i(k_i-1)2}, \dots, B_{i(k_i-1)v_{k_i}}\}; \\ &\dots \\ B_{i2} &= \{B_{i11}, B_{i12}, \dots, B_{i1v_{k_i}}\}; \\ B_{i1} &= \{b_{i11}, b_{i12}, \dots, b_{i1v_i}\} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где B_i - i -я подсистема множества B ;

n - число выходных технологических модулей;

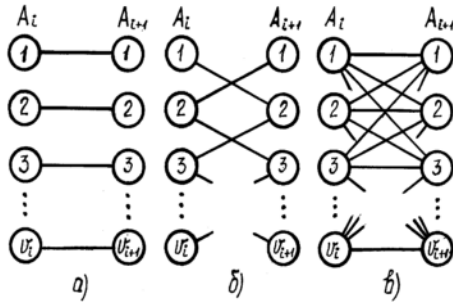


Рис.2. Отображения множества A_i в A_{i+1} : а - инъективное, б - биективное, в - суръективное

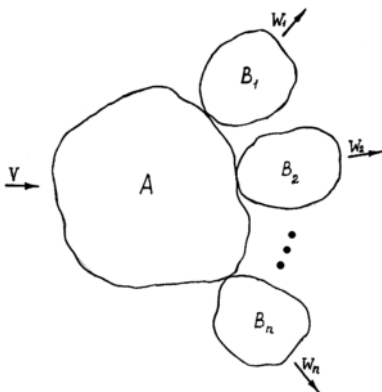


Рис.3. Гипотетическая модель поточно-пространственной технологической системы с несколькими входными или выходными потоками

$B_{i(k-1)\eta}$ - η -я - подсистема $(k-1)$ -го класса в подсистеме k -го класса множества i -го выходного технологического модуля;

v_{ki} - порядок множества B_{ik} ;

b_{ilm} - m -й элемент множества B_{il} ;

p_i - число классов подсистем множества B_i ;

В системах уравнений (2) и (5) общий порядок блоков технологического воздействия множеств A и B_i определяется выражениями:

$$u = \prod_{k=1}^p u_k, \quad (6)$$

$$v_1 = \prod_{k=1}^p v_{ki}. \quad (7)$$

Можно отметить, что в случае, когда один из поточно-пространственных технологических модулей технологической системы имеет одномерную замкнутую структуру, то выражения (1) и (4) принимают следующие значения:

$$A = \{A_1\},$$

$$B_i = \{B_{i1}\}.$$

Для решения данной задачи зададимся начальными условиями:

1. Поточно-пространственная технологическая система состоит из одного входного технологического модуля и n выходных, структура которых определяется множествами (1), (2) и (3), (4), (5) или (1),(2), (3), (4), (5) и частично (6), (7).

2. Пронумеруем элементы и подсистемы входного технологического модуля: в подсистеме A_1 1-го класса позиции элементов $1, 2, \dots, \eta_1, \dots, u_1$; в подсистеме A_2 2-го класса позиции подсистем 1-го класса $1, 2, \dots, \eta_2, \dots, u_2; \dots$; в подсистеме A_k -го класса позиции подсистем $(k-1)$ -го класса $1, 2, \dots, \eta_k, \dots, u_k; \dots$; в подсистеме A_p p -го класса позиции подсистем $(p-1)$ -го класса $1, 2, \dots, \eta_p, \dots, u_p$.

3. Пронумеруем выходные технологические модули обозначаемые множеством B следующими позициями $1, 2, \dots, i, \dots, n$.

4. Пронумеруем элементы и подсистемы i -го выходного технологического модуля: в подсистеме B_{i1} 1-го класса позиции элементов $1, 2, \dots, \eta_1, \dots, v_1$; в подсистеме B_{i2} 2-го класса позиции подсистем 1-го класса $1, 2, \dots, \eta_2, \dots, v_2; \dots$; в подсистеме B_{ik_i} k_i -го класса позиции подсистем (k_i-1) -го класса $1, 2, \dots, \eta_{k_i}, \dots, v_{k_i}; \dots$; в подсистеме B_{ip_i} p_i -го класса позиции подсистем (p_i-1) -го класса $1, 2, \dots, \eta_{p_i}, \dots, v_{p_i}$.

5. Зададимся тем, что первый маршрут проходит по первым позициям элементов и подсистем каждого класса.

6. Позиции и подсистемы каждого класса являются замкнутыми рекуррентными последовательностями.

7. Изделия с входного технологического модуля последовательно поочередно поступают в $1, 2, \dots, i, \dots, n$ выходные технологические модули, затем циклы повторяются.

Для нахождения параметров маршрутизации изделий в поточно-пространственных технологических системах с разветвляющимися потоками изделий в работе предусматривается выполнить следующее:

- найти общее число различных маршрутов движения изделий по позициям технологической системы;
- установить число изделий, после прохождения которых в технологической системе завершается полный кинематический цикл движения ее элементов и подсистем, то есть случай когда все позиции и подсистемы технологической системы возвращаются в исходное положение;
- определить номера позиций элементов и подсистем технологической системы по которым проходит маршрут любого номера изделия;
- определить число позиций элементов подсистемы 1-го класса входного технологического модуля, с которыми взаимодействует фиксированная позиция элементов подсистемы 1-го класса i -го выходного технологического модуля системы.

Решение этих задач является основой определения параметров маршрутизации изделий в разветвляющихся поточно-пространственных технологических системах, без знаний которых не представляется возможным ведение управления показателями качества выпускаемых изделий.

Используя предложения, теоремы и формулы многомерной алгебры групп [1] общее число различных маршрутов движения изделия по позициям технологической системы с разветвляющимися потоками будет определяться на основании следующих выражений:

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= \sum_{i=1}^n HOK \left(G, \prod_{k_i=1}^{p_i} v_{k_i} \right); \\ G &= \frac{HOK \left(\prod_{k=1}^p u_{k,n} \right)}{n}, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где – N_1 общее число различных маршрутов движения изделий по позициям технологической системы;

$HOK \left(G, \prod_{k_i=1}^{p_i} v_{k_i} \right)$ – наименьшее общее кратное двух чисел.

При этом количество изделий, после прохождения которых, в технологической системе завершается полный кинематический цикл движений ее элементов и подсистем, определяется по следующей форме:

$$N_2 = n HOK \left[G, HOK \left(\prod_{k_1=1}^{p_1} v_{k_1}, \prod_{k_2=1}^{p_2} v_{k_2}, \dots, \prod_{k_n=1}^{p_n} v_{k_n} \right) \right], \quad (9)$$

В полученной формуле (9) величина G вычисляется на основании выражения (8).

Номера позиций элементов и подсистем технологической системы, по которым проходит маршрут S_i любого изделия определяется на основании следующих систем уравнений:

- для входного технологического модуля

$$\left. \begin{aligned}
 S_t &= m_p u_p + r_p; \\
 m_{p-1} + \frac{r_p}{\xi_p} &= m_{(p-1)} u_{(p-1)} + r_{(p-1)}; \\
 m_{p-1} + \frac{r_{p-1}}{\xi_{p-1}} &= m_{(p-2)} u_{(p-2)} + r_{(p-1)}; \\
 \bullet &\bullet \bullet \bullet \bullet \bullet \bullet \bullet \bullet \bullet \\
 m_2 + \frac{r_2}{\xi_2} &= m_1 u_1 + r_1,
 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

- для i -го выходного технологического модуля

$$\left. \begin{aligned}
 S_t &= m_n n + i; \\
 m_n + \frac{i}{\xi} &= m_{p_i} v_{p_i} + r_{p_i}; \\
 m_{p_i} + \frac{r_{p_i}}{\xi_{p_i}} &= m_{(p_i-1)} v_{(p_i-1)} + r_{(p_i-1)}; \\
 \bullet &\bullet \bullet \bullet \bullet \bullet \bullet \bullet \bullet \bullet \\
 m_2 + \frac{r_2}{\xi_2} &= m_1 v_1 + r_1,
 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где S_t – номер изделия поступающего в технологическую систему;

m_k, m_{ki} – целые числа, представляющие повторяемость циклов позиций подсистем $(k-1)$ -го или (k_i-1) -го класса в подсистеме k -го или k_i -го класса входного или i -го выходного технологического модуля;

r_k, r_{ki} – номер позиции подсистемы k -го или k_i -го класса входного или i -го выходного технологического модуля, составляющий маршрут движения S_t изделия.

Следует иметь в виду, что при вычислении параметров по системе уравнений (10) необходимо чтобы выполнялись следующие условия:

- для правой части уравнений

если $r_k = 0$, то $r_k = u_k$;

- для левой части уравнений

$$\left. \begin{aligned}
 \text{если } r_k = 0, \text{ то } \xi_k &= u_k; \\
 \text{если } r_k = 0 \text{ то } \xi_k &= a.
 \end{aligned} \right\}$$

Для системы уравнений (11) необходимо, чтобы также выполнялись следующие условия:

- для правой части уравнений

$$\left. \begin{aligned}
 \text{если } i = 0, \text{ то } i &= n; \\
 \text{если } r_{k_i} = 0, \text{ то } r_{k_i} &= v_{k_i};
 \end{aligned} \right\}$$

- для левой части уравнений

$$\left. \begin{array}{l} \text{если } i = 0, \text{ то } \xi = n; \\ \text{если } i = b, \text{ то } \xi = b; \\ \text{если } r_{k_1} = 0, \text{ то } \xi_{k_i} = v_{k_i}; \\ \text{если } r_{k_i} = c, \text{ то } \xi_{k_i} = c. \end{array} \right\}$$

Число позиций элементов подсистемы 1-го класса входного технологического модуля с которыми взаимодействует фиксированная позиция элементов подсистемы 1-го класса i -го выходного технологического модуля определяется на основании нахождения порядка нормального делителя [1] и выражается следующими формулами:

$$\left. \begin{array}{l} R_1 = \frac{НОК\left(\prod_{k=1}^P u_k, n\right)}{n}; \\ R_2 = \frac{НОК\left(R_1, \prod_{k_i=1}^{P_i} v_{k_i}\right)}{\prod_{k_i=1}^{P_i} v_{k_i}}, \end{array} \right\}$$

где R_1 – число позиций элементов подсистемы 1-го класса входного технологического модуля с которым взаимодействует один выходной технологический модуль;

R_2 – число позиций элементов подсистемы 1-го класса входного технологического модуля с которыми взаимодействует фиксированная позиция элементов подсистемы 1-го класса i -го выходного технологического модуля.

Таким образом, разработанный подход и предлагаемые формулы, полученные на основе многомерной алгебры групп [1], позволяют определить основные параметры маршрутизации изделий в разветвляющихся поточно-пространственных технологических системах. А это дает возможность управлять показателями качества изготовления изделий и функционирования технологических систем, повысить уровень автоматизации производственных процессов на базе технологических систем непрерывного действия.

Список литературы: 1. Михайлов А.Н. Разработка методов проектирования высокоэффективных поточно-пространственных технологических систем. Дис... д-ра техн. наук – Харьков: ХПИ 1991. – 498 с. 2. Михайлов А.Н., Тернюк Н.Э. К расчету параметров маршрутизации изделий в поточно-пространственных технологических системах // Известия вузов. Машиностроение, 1990, № 11. С.60-63. 3. Михайлов А.Н. Структура маршрутов и закономерности движений изделий в поточно-пространственных технологических системах // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонГТУ, 1998. Вып. 3. С.64-79. 4. Курош А.Г. Курс высшей алгебры. – М.: Наука, 1971.- 431 с. 5. Математический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1988. – 847 с. 6. Фролович Е.Н., Тиняков Г.А. Маршрутизация объектов обработки в автоматических роторных и роторно-конвейерных линиях // Теория машин автоматического действия. М.: Наука, 1970. С. 93-97. 7. Ищенко А.Л., Михайлов А.Н., Кречин Д.Н. Проблемы маршрутизации изделий в роторных системах сборки с разветвляющимися потоками // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонГТУ, 1998. Вып. 5. С. 72-77.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИСИКАВЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ

Струков Р.А., Кульбида О.О., Ищенко А.Л. (*ДонНТУ, г. Донецк, Украина*)

Развитие экономики, возрастающие потребности общества требуют ускоренного развития машиностроения, повышения качества продукции, снижения себестоимости и насыщения рынка необходимыми товарами. Это ведет к необходимости использования новейшей техники и прогрессивных технологических процессов.

На сборку в машиностроении приходится до 40-60% общей трудоемкости изготовления изделий [1, 2], причем именно в процессе сборки, как на завершающем этапе производства, проявляются все погрешности предыдущей механической обработки деталей. Недостатки механической обработки составляющих изделия неизбежно влияют на содержание технологического процесса сборки, требуя дополнительных операций подналадки, селекции или вызывая необходимость использования различного рода компенсирующих изделий.

Под технологическим процессом сборки, в общем случае, понимают совокупность операций по соединению деталей в определенной технической и экономически целесообразной последовательности для получения механизма или машины, полностью отвечающих установленным для них требованиям. При выполнении работ по разработке технологического процесса можно выделить такую последовательность этапов:

- отработка на технологичность;
- выбор вида технологического процесса;
- построение схемы сборки;
- установление методов сборки
- разработка маршрутной и операционной технологии;
- выбор оборудования;
- определение технологических режимов;
- выбор или конструирование оснастки;
- назначение технических условий на сборку;
- выбор методов и средств контроля;
- нормирование;
- определение способов транспортирования и тары;
- запись требований по технике безопасности и охраны окружающей среды;
- оформление технологического процесса.

Эта последовательность ярко характеризует сложность задачи разработки технологического процесса сборки. Результат процесса сборки зависит от многочисленных факторов, между которыми существуют отношения типа «причина – следствие» (результат). Для обеспечения высокого качества сборки при проектировании технологического процесса эти отношения необходимо отслеживать, причем неважно идет сборка отдельного узла или уже всей машины. Одним из достаточно удобных способов анализа причинно-следственных отношений является семантическая модель, построенная по методу Исикавы [3]. Профессор Токийского университета К. Исикава в 1953 г., обсуждая проблему на одном заводе, предложил учитывать мнения инженеров в форме диаграммы, которую позже назвали диаграммой Исикавы или диаграммой «рыбьи кости» за схожесть с последними. Диаграмма помогает отделить причины от следствий и визуализирует проблему целиком.

Для построения диаграммы Исикавы необходимо осуществить ряд шагов [3, 4, 5]:

1. Обозначить проблему (путем умозаключений или используя диаграмму Парето по результатам деятельности). Затем в правой части листа в прямоугольной рамке записать проблему и провести от рамки прямую линию влево – это голова и хребет диаграммы – «рыбы».
2. Обозначить главные уровни (ребра «рыбы»), которые являются общими причинами, влияющими на данную проблему. Их записывают в прямоугольных рамках, располагают с разных сторон от «хребта» и соединяют стрелками (большими костями) с ним.
3. Выявить второстепенные уровни - причины, влияющие на общие и отобразить их в виде средних ребер. Необходимо учесть как можно бо́льшее количество причин, проследив при этом, чтобы под различными формулировками не скрывался один смысл.
4. Определить значимость каждой причины на обозначенную проблему. Это можно сделать, используя способ «мозгового штурма» путем последовательного отсекаания менее значимых причин (принцип последовательного сжатия альтернатив). Это можно сделать просуммировав оценки участников «мозгового штурма» по каждой проблеме.
5. Провести анализ полученных результатов. Это можно сделать, используя метод и диаграмму Парето по причинам. И если соотношение Парето (20% причин вызывают 80% следствий) не выполняется, то стоит пересмотреть причины и их значимости.

На рис. 1. представлена диаграмма, при помощи которой можно провести анализ факторов, которые необходимо учесть при составлении технологического процесса сборки. Главными уровнями в данном случае выступают исходная информация, орудия производства, технология, производство, окружающая среда, материал собираемых изделий. Приведенные второстепенные уровни отражают те факторы, которые могут влиять на технологический процесс сборки, вызывая его изменение. Составляющие данной диаграммы обобщенные, но не единственно возможные, на каждом конкретном производстве могут возникать другие наборы факторов.

Технический прогресс в машиностроении характеризуется не только улучшением конструкции машин, но и непрерывным совершенствованием технологии их производства. Важно качественно, экономично, с минимальными затратами труда изготовить составляющие части машины и, что не мало важно, качественно их собрать. Проблема качества сборки, как заключительного этапа процесса создания машин и механизмов, является особенно актуальной при модернизации производства, внедрении новых технологий и попытках снижения себестоимости продукции, поэтому так важно уделять внимание управлению качеством сборки на всех этапах производства.

Семантические модели, построенные по методу Исикавы, за счет своей незамкнутости и возможности расширения, могут быть удачно использованы при решении всевозможных производственных задач как глобальных, расположенных на хребте, так и частных, расположенных на ребрах. Использование этого метода стимулирует аналитическое и творческое мышление, позволяет глубоко проникнуть в проблему, что не может не сказаться положительно на результате – разрабатываемом технологическом процессе.

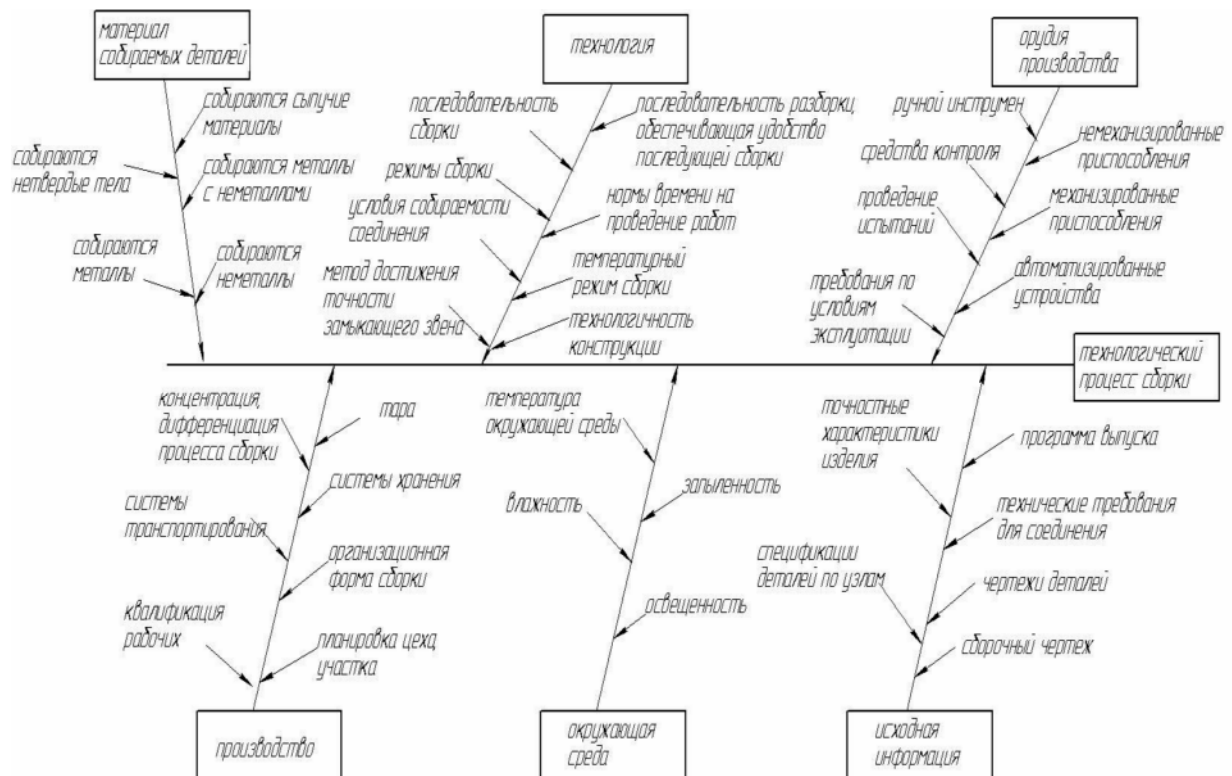


Рис. 1. Диаграмма Исикавы для задачи «технологический процесс сборки»

Список литературы: 1. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов / Новиков М.П. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с. 2. Лебедевский М.С. Научные основы автоматической сборки / Лебедевский М.С., Вейц В.Л., Федотов А.И. – Л.: Машиностроение, 1985. – 316 с. 3. Исикава К. Японские методы управления качеством / Исикава К. Сокр. пер. с англ. [Научн. ред. и авт. предисл. А.В. Гличев.]. – М.: Экономика, 1988. – 215 с. 4. Волков М.В. Автоматизированная система управления технологическими объектами хранения и реализации продукции нефтепереработки : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности) / Волков М.В. – Тверь, 2009. – 16 с. 5. Болтян А.В. Прогнозирование и оценка параметров продукции / Болтян А.В., Горобец И.А.: Учебное пособие. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 137 с.