

УДК 621.9.06-52

А.Н. Михайлов, профессор, д-р техн. наук,

Д.А. Михайлов, аспирант

Донецкий национальный технический университет,

ул. Артема, 58, г. Донецк, Украина, 83001

tm@mech.dgtu.donetsk.ua

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ НА БАЗЕ 2-D И 3-D КОМПОНОВОК

В данной работе разработаны основы создания и проектирования качественно новых высокоэффективных технологических систем непрерывного действия. Они относятся к технологическим системам высокой и сверхвысокой эффективности с 2-D и 3-D компоновками. Разработаны конкретные варианты поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия.

Ключевые слова: автоматизация, производительность, компоновка, система непрерывного действия, поточно-пространственная технологическая система.

Введение. Научно технический прогресс непрерывно ставит перед машиностроителями все новые, более сложные задачи, связанные с созданием качественно новой совокупности свойств и меры полезности выпускаемых изделий, повышением эффективности производства, автоматизацией производственных процессов, экологической безопасностью. Это обусловлено запросами общества и возможностями науки, техники и экономики [1 – 4].

Одним из перспективных направлений решения проблем машиностроения является комплексная автоматизация производственных процессов на базе технологий непрерывного действия. Поэтому данная работа посвящена решению этих вопросов.

На рисунке 1 показаны некоторые характеристики технологических систем непрерывного действия. Здесь технологические машины разделены на группы в зависимости от производительности:

- технологические машины нормальной производительности [5 – 7];
- технологические машины высокой производительности [8];
- технологические машины сверхвысокой производительности [9, 10].

На базе этих технологий и технологических систем могут решаться вопросы комплексной автоматизации производственных процессов в машиностроении. Однако можно отметить, что в настоящее время, к сожалению, разработаны и применяются только технологические системы с линейной компоновкой технологических элементов, то есть 1-D компоновкой.

Проведенные ранее исследования в области технологий и технологических систем непрерывного действия позволили сделать следующие выводы:

1. Для решения вопросов комплексной автоматизации и интенсификации производственных процессов в машиностроении перспективными являются технологические системы непрерывного действия.
2. Принципы проектирования применяемых технологических систем непрерывного действия, а именно роторных и роторно-конвейерных машин основываются на линейности их компоновки (1-D компоновка). Это приводит к возникновению противоречий между линейностью компоновки технологической системы и объемно-пространственной структурой производственного цеха, так как здесь не полностью используются производственные объемы.
3. При создании технологических систем непрерывного действия необходимо стремиться к увеличению использования объемов технологического пространства. При этом нужно проектировать компактные технологические системы с пространственной компоновкой блоков технологического

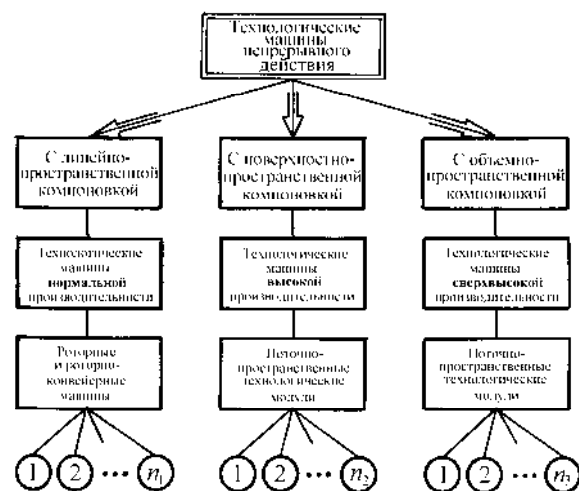


Рисунок 1 – Некоторые характеристики технологических систем непрерывного действия

воздействия, а именно с поверхностно-пространственной (2-D компоновка) или объемно-пространственной (3-D компоновка) технологическими зонами.

На основании приведенных выводов в работе определена цель исследований.

Целью работы является разработка высокоэффективных технологических систем непрерывного действия с 2-D и 3-D компоновками рабочих позиций, обеспечивающих качественно новые свойства и технологические возможности, позволяющие решать вопросы комплексной автоматизации производственных процессов.

В данной работе решаются следующие задачи:

- разработать общую методологию и подход в создании и функционировании высокоэффективных ППТС,
- разработать новые принципы функционирования и проектирования ППТС,
- спроектировать конкретные варианты ППТС для решения вопросов комплексной и полной автоматизации производственных процессов,
- исследовать основные параметры ППТС с различными компоновками технологических зон.

Эти задачи решаются в данной работе.

Отметим то, что в данной работе технологические системы непрерывного действия высокой и сверхвысокой производительности именуются поточно-пространственные технологические системы (ППТС).

На базе этих технологических машин и систем особенно эффективно решаются вопросы комплексной автоматизации производственных процессов машиностроения.

Основное содержание и результаты исследований. Созданные на основе известных принципов проектирования и функционирования роторные и роторно-конвейерные технологические системы имеют качественно новые возможности и высокие технико-экономические показатели изготовления изделий [5 - 7]. Однако с прогрессом науки и техники появляются новые возможности в развитии технологических систем непрерывного действия. Поэтому для проектирования высокоэффективных ППТС непрерывного действия необходимы новые принципы их создания и функционирования.

Анализ процесса создания и функционирования ППТС [8 – 10] позволил установить следующие основные принципы их проектирования и функционирования:

- повышения мощности концентрации множества технологических элементов (блоков технологического воздействия);
- составления из концентрированного множества технологических элементов специальных размерных групп с подсистемами к-го класса;
- обеспечение упорядочивания многомерной замкнутой рекуррентной структуры технологических элементов за счет упорядочивания подсистем (к-1)-го класса в каждой подсистеме к-го класса;
- пространственной композиции технологических элементов и перехода от их линейно-пространственной компоновки (1-D компоновка) к поверхностно-пространственной компоновке (2-D компоновка) и затем к объемно-пространственной компоновке (3-D компоновка);
- пространственного компактирования структуры технологических элементов в пространственные компактные структуры и увеличения коэффициента использования технологического пространства;
- обеспечения сложной кинематической структуры транспортного движения многомерной замкнутой структуры технологических элементов;
- обеспечения соответствия (равенства) общего числа элементарных транспортных движений количеству классов подсистем сложной многомерной замкнутой рекуррентной структуры технологических элементов;
- обеспечения параллелизма функционирования подсистем (к-1)-го класса в подсистемах к-го класса сложной многомерной замкнутой структуры технологических элементов;
- обеспечения последовательного фазового смещения процесса выполнения заданных основных и вспомогательных функций в подсистемах (к-1)-го класса подсистем к-го класса сложной многомерной замкнутой структуре технологических элементов;
- обеспечения непрерывности функционирования всех подсистем сложной многомерной замкнутой структуры технологических элементов системы;
- модульность проектирования подсистем и всей технологической системы;
- реализация принципов мехатроники и адаптроники при создании новых технологий и технологических систем.

Можно отметить, что предлагаемые принципы, совместно с известными принципами проектирования технологических систем, составляют основные исходные положения создания высокоэффективных технологических систем нового поколения, которые получили название ППТС непрерывного действия.

Не имея возможности детально рассмотреть все приведенные выше принципы, приведем только некоторые из этих принципов проектирования и функционирования ППТС.

Проаналізуємо принцип переходу від їх лінійно-просторової 1-D компоновки до поверхново-просторової 2-D компоновки і далі до 3-D компоновки. В кожному конкретному випадку вибирається та чи інша просторова компоновка технологічних елементів. На рисунку 2 показані моделі просторових технологічних зон: на рисунку 2,а – лінійно-просторова технологічна зона (1-D); на рисунку 2,б – поверхново-просторова технологічна зона (2-D); на рисунку 2,в – об'ємно-просторова технологічна зона (3-D – компоновка). Здаєть ся, що 1 – входні потоки деталей, 2 – потік одиничних технологічних зон, 3 – одинична технологічна зона, 4 – деталь (предмет обробки), 5 – просторова технологічна зона, 6 – вихідні потоки деталей. Буквами позначено $v_{Ti\eta}$ – транспортна швидкість деталей і h_i – крок деталей.

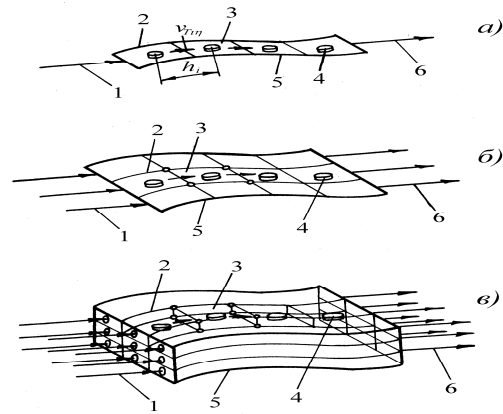


Рисунок 2 – Моделі технологічних зон: а – лінійна (1-D), б – поверхнева (2-D), в – об'ємна (3-D)

Теоретична продуктивність технологічних систем з різними видами просторових технологічних зон (рисунки 3) визначається за наступними залежностями:

- лінійно-просторова технологічна зона (1-D компоновка)

$$\Pi_i^L = \frac{L_i}{T_o h_i} = v_{Ti\eta} P_{Li} = N_{Li}; \quad (1)$$

- поверхново-просторова технологічна зона (2-D компоновка)

$$\Pi_i^S = \frac{S_i}{T_o S_{Ei}} = b_{oi} v_{Ti\eta} P_{Si} = b_{oi} N_{Si}; \quad (2)$$

- об'ємно-просторова технологічна зона (3-D компоновка)

$$\Pi_i^V = \frac{V_i}{T_o V_{Ei}} = s_{oi} v_{Ti\eta} P_{Vi} = s_{oi} N_{Vi}, \quad (3)$$

де $\Pi_i^L, \Pi_i^S, \Pi_i^V$ – теоретична продуктивність технологічної системи з лінійно-просторовою, поверхново-просторовою, об'ємно-просторовою технологічною зоною відповідно;

L_i, S_i, V_i – довжина, площа, об'єм просторової технологічної зони відповідно;

h_i, S_{Ei}, V_{Ei} – довжина (крок), площа, об'єм одиничної технологічної зони відповідно;

T_o – тривалість основного часу технологічного впливу інструментів і засобів обробки на деталь;

b_{oi}, s_{oi} – ширина, площа поперечного перерізу технологічної зони відповідно;

P_{Li}, P_{Si}, P_{Vi} – лінійна, поверхнева, об'ємна густина деталей в відповідних просторових технологічних зонах;

N_{Li}, N_{Si}, N_{Vi} – інтенсивність потоків деталей відповідно в лінійно-просторову, поверхново-просторову, об'ємно-просторову технологічну зону.

В вираженнях (1) – (3), густина деталей в відповідних просторових технологічних зонах визначається на основі наступних виражень:

$$P_{Li} = \frac{1}{h_i}, \quad P_{Si} = \frac{1}{S_{Ei}}, \quad P_{Vi} = \frac{1}{V_{Ei}}. \quad (4)$$

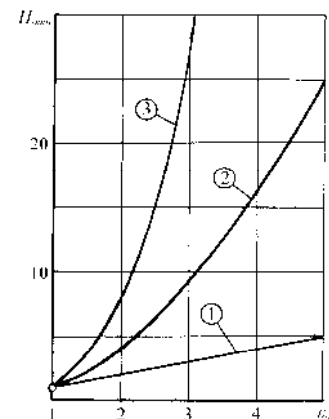


Рисунок 3 – Залежність продуктивності системи від габаритних розмірів технологічної зони: 1 – лінійна (1-D), 2 – поверхнева (2-D), 3 – об'ємна (3-D)

Анализ выражений (1) – (3) позволил установить зависимость относительной производительности $\Pi_{отн} = \Pi_{Ц} / \Pi_{Ц}^B$ технологических модулей с различными пространственными технологическими зонами от их габаритных относительных размеров ε_o пространственной технологической зоны (рисунок 3). Выполненные исследования показали, что увеличение габаритных размеров пространственной технологической зоны ведет к увеличению производительности технологических систем по следующим законам: с линейно-пространственной технологической зоной (график 1) – по прямой пропорциональной зависимости, с поверхностно-пространственной технологической зоной (график 2) – по квадратичной зависимости, с объемно-пространственной технологической зоной (график 3) – по кубической зависимости. Таким образом, технологическим системам с поверхностно-пространственными и объемно-пространственными технологическими зонами свойственны качественно новые, более высокие технико-экономические показатели по сравнению с технологическими системами с линейно-пространственными технологическими зонами, выполненных на базе роторных и роторно-конвейерных машин и линий.

Важным моментом процесса синтеза структуры технологических элементов системы является ее организация в пространственные компактные структуры. При этом необходимо всегда стремиться к увеличению коэффициента использования технологического пространства:

$$K_R = \frac{V_k}{V_{OR}}, \quad (5)$$

где K_R – коэффициент использования технологического пространства на R -ом уровне;

V_k – объем пространства, в котором располагается технологическое оборудование (технологические элементы);

V_{OR} – общий объем пространства, ограничивающий функциональную единицу.

Можно отметить, что при проектировании структуры технологической системы необходимо стремиться к повышению плотности технологических элементов (блоков технологического воздействия) пространственной технологической зоны и интенсивности их функционирования. Кроме того, при создании технологической системы, состоящей из n технологических модулей, необходимо пространственно их компактировать в производственные ячейки (рисунок 4) и затем ячейки пространственно компоновать во всем объеме производственного цеха (рисунок 5), с возможностью изменения их пространственного расположения. Причем здесь также следует вести их размещение из расчета повышения плотности технологических модулей в производственных ячейках и ячеек в производственном цеху. Это позволяет повысить коэффициент использования пространства и среды.

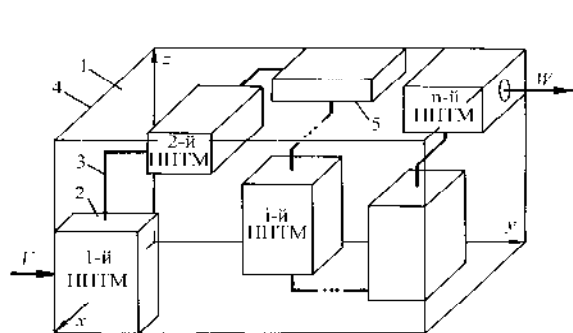


Рисунок 4 – Формализованная объемно-пространственная технологическая система (производственная ячейка)

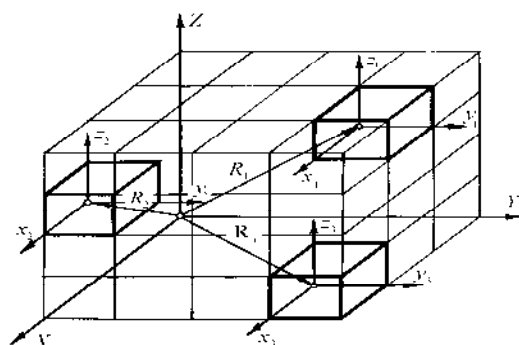


Рисунок 5 – Формализованная схема пространственного компактирования объемов ячейками

На рисунке 4 показана формализованная объемно-пространственная производственная ячейка. Здесь обозначено: 1 – технологическая система, 2 – поточно-пространственный технологический модуль, 3 – связь между технологическими модулями, 4 – граница производственной ячейки, 5 – граница поточно-пространственного технологического модуля. На рисунке 5 представлена формализованная схема пространственного компактирования производственного объема, расположенного в системе

координат X, Y, Z производственными ячейками, координируемых системами координат x_i, y_i, z_i и радиусами векторами R_i , где i – любая производственная ячейка. Модульность построения технологических систем позволяет реализовать основные принципы автоматизированных производств. Это, прежде всего гибкость, непрерывность и высокие технико-экономические показатели изготовления изделий.

Общая методология создания технологий нового поколения и поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия базируется на следующих двух основных положениях (рисунок 6):

- на определении системы качественно новых принципов S создания высокоэффективных технологий и технологических систем (позиция 1), лежащих на пересечении новых S_1 и известных S_2 принципов проектирования;

- на системе проектирования качественно новых технологий и технологических систем (позиция 2), которая обеспечивает возможность работы с особо сложными многоуровневыми иерархическими объектами.

Выбор и реализация новых прогрессивных технологий непрерывного действия в зоне поля S базируется на использовании методов схемного, функционального, структурного и параметрического анализа и синтеза, которые могут выполняться в рамках процессийно-событийного анализа и синтеза новых нетрадиционных вариантов. При этом весь процесс создания технологий непрерывного действия выполняется в оболочке объектно-ориентированного проектирования с учетом решения вопросов оптимизации технологий, их экологической чистоты, маркетинга, конъюнктуры рынка и других вопросов.

На рисунке 7 показаны виды компоновок и некоторые варианты геометрических форм компоновок пространственных технологических зон

поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия. Каждый вид из трех предлагаемых имеет открытое множество вариантов геометрических форм компоновок, что дает возможность генерировать значительное множество вариантов поточно-пространственных технологических систем и выявлять наиболее приемлемые для реализации заданного технологического процесса.

В работе рассмотрены особенности компоновки и проектирования ППТС, а также предложено на последнем этапе схемного рассмотрения технологической системы использовать принципиально-структурные модели. Поэтому в работе выполнен анализ и синтез принципиально-структурных моделей и разработана общая модель построения ППТС. Для создания конкретных технологических систем предложен алгоритм общей методики синтеза ППТС непрерывного действия и разработана методика оптимизационного синтеза их конструкций.

На рисунке 8 представлена принципиально-структурная модель ППТС. Здесь показано: 1 – транспортный ротор, 2 – поточно-винтовой технологический модуль (ПВТМ), 3 – поточно-спиральный технологический модуль (ПСТМ), 4 – транспортный ротор, 5 – ПВТМ, 6 – транспортный ротор, 7 – ППТМ, 8 – транспортный ротор, 9 – поточно-глобоидный технологический модуль [8], 10 – транспортный ротор, 11 – блок технологического воздействия (БТВ), 12 – предмет обработки (ПО), 13 – пространственная траектория движения БТВ, 14 – осевой поток БТВ, 15 – замкнутая рекуррентная траектория движения БТВ. Поступают ПО в ППТС по входному потоку V , а выгружаются по выходному потоку W . Стрелками обозначено направление

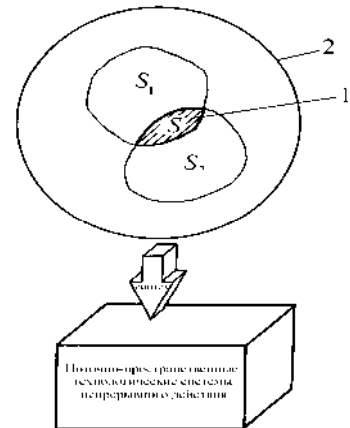


Рисунок 6 – Диаграмма комплексного синтеза ППТС

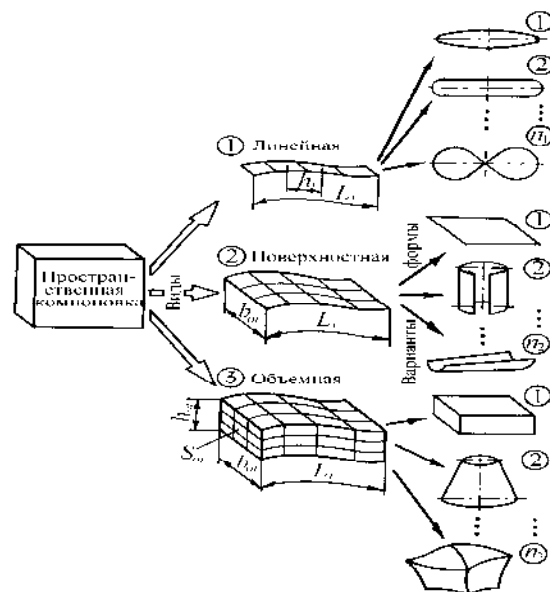


Рисунок 7 – Виды и варианты технологических зон ППТС

вращательного движения подсистем ППТМ.

В качестве примеров приведем некоторые варианты ППТМ, которые разработаны в рамках этой работы и представлены на рисунке. 9 и рисунке 10.

На рисунке 9 представлена компоновочная схема ПВТМ, на рисунке 9,а – продольный разрез, на рисунке 9,б - поперечный разрез.

ПВТМ содержит рабочий винтовой шнек 1 с переменными геометрическими параметрами спирали 2, жестко смонтированный посредством хвостовиков 3, 4 и стаканов 5, 6 на плитах 7, 8 основания. В каждом потоке БТВ 9 на звездочках 10, установленных на кронштейнах 11, размещен цепной конвейер 12. При этом на наружной стороне звеньев цепного конвейера 12 закреплены БТВ 9, ползуны 13 которых зацеплены с винтовой спиралью 2 рабочего шнека 1. В период нагружения, продольная ось БТВ 9 расположена параллельно продольной оси рабочего шнека 1. Так как рабочий винтовой шнек 1 имеет переменные геометрические параметры, то расстояние H (рисунок 9,а) переменное по высоте ПВТМ, что обеспечивает рабочее перемещение ползун 13 БТВ 9 в период работы технологического модуля. На хвостовиках 3, 4 рабочего винтового шнека 1 посредством подшипников 14 смонтирована верхняя 15 и нижняя 16 поворотные планшайбы, связанные между собой колонками 17 (рисунок 9,б).

Рисунок 8 – Принципиально-структурная модель ППТС

На поворотных планшайбах 15, 16 закреплены кронштейны 11 и подшипниковые опоры 18, в которых размещены транспортные винтовые шнеки 19 с постоянными геометрическими параметрами спирали ($t = \text{const}$). При этом впадины спирали транспортных винтовых шнеков 19 закреплены с выступами 20 цепного конвейера 12, изготовленными на внутренней стороне его звеньев.

На верхней поворотной планшайбе 15 установлено червячное зубчатое колесо 21, связанное с приводом вращения 22. При этом транспортные винтовые шнеки 19 посредством зубчатых колес 23, 24 и 25 связаны с зубчатым колесом 26, жестко закрепленном на стакане 6. Для повышения точности позиционирования БТВ 9 относительно рабочего винтового шнека 1, цепной конвейер 12 смонтирован в направляющих 27.

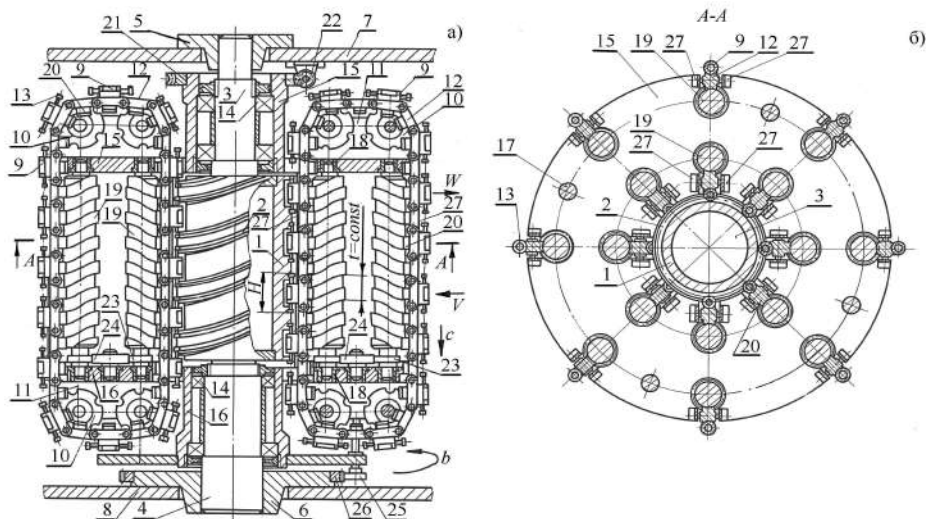


Рисунок 9 – Компоновочная схема ПВТМ: а – продольный разрез, б – поперечный разрез

ПВТМ работает следующим образом. ПО по выходному потоку V загружаются в БТВ 9, закрепленных на наружной стороне звеньев цепного конвейера 12. При этом благодаря непрерывному вращению в направлении b верхней 15 и нижней 16 поворотных планшайб, установленных на подшипниках 14 хвостовиков 3, 4 рабочего шнека 1, реализуется постоянное перемещение БТВ 9 в направлении c , которое выполняется за счет вращения транспортных винтовых шнеков 19, связанных с

цепным конвейером 12 посредством выступов 20. Здесь непрерывное вращение поворотных планшайб 15 и 16, связанных между собой вертикальными колонками 17, реализуется через червячную зубчатую передачу 21 приводом вращения 22, закрепленным на плите 7 основания. Вращение транспортных винтовых шнеков 19, смонтированных в подшипниковых опорах 18, осуществляется кинематической передачей 23, 24, 25, связанной с зубчатым колесом 26, жестко смонтированным на стакане 6 нижней плиты 8 основания. При перемещении цепного конвейера 12, размещенного на звездочках 10 кронштейнов 11, БТВ 9 зацепляются ползунами 13 с винтовой спиралью 2 рабочего шнека 1, жестко смонтированного в стаканах 5 и 6. При этом за счет переменной расстояния H (рисунок 9,а) винтовой спирали 2, при прохождении БТВ 9 технологической зоны, реализуется требуемый рабочий ход ползуну 13, что и обеспечивает обработку изделий. Наличие направляющих 27 повышает точность и жесткость позиционирования БТВ 9, закрепленных на звеньях цепного конвейера 12. После обработки ПО, они выгружаются из БТВ 9 по выходному потоку W и передаются по технологической цепочке к следующему ППТМ для последующей обработки ПО.

Использование этого ПВТМ наиболее эффективно для реализации штамповочных или прессовых операций для ПО из пластмасс. Цикловая производительность ПВТМ может быть определена по следующей формуле:

$$P_{цi} = \frac{v_{i1}v_{i2}}{T_{цi}}, \quad (6)$$

где $P_{цi}$ - цикловая производительность ПВТМ; $T_{цi}$ - время полного кинематического цикла; v_{i1} - количество БТВ в одном цепном конвейере; v_{i2} - количество цепных конвейеров ПВТМ.

На рисунке 10 приведена компоновочная схема ПСТМ с двумя ярусами. В первом ярусе выполняется операция завальцовки самостопорящихся гаек, во втором ярусе операция зачеканки.

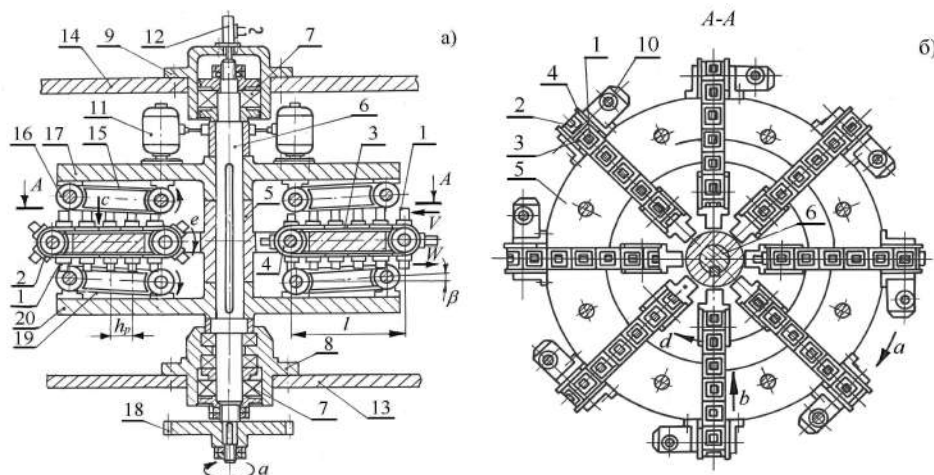


Рисунок 10 – Компоновочная схема ПСТМ: а – продольный разрез, б – поперечный разрез

ПСТМ имеет планшайбу 5 смонтированную на валу 6 размещенном посредством подшипников 7 в стаканах 8, 9, которые закреплены на плитах 13 и 14 станины модуля. На планшайбе 5 установлены звездочки 4 на которых монтируются цепные конвейеры 3 с блокодержателями 2, в которых закрепляются БТВ 1. На валу 6 также установлены верхняя планшайба 20 с нижним цепным конвейером 19. На верхней планшайбе 17 размещены приводы 11 вращения цепных конвейеров 3, 15, 19, которые связаны с ними кинематическими передачами и редуктором 10. Электроэнергия к приводам 11 подается через токосъемник 12, расположенный на станине 9. В нижней части вала 6 установлена шестерня 18 для обеспечения вращения технологического модуля.

В ПСТМ ПО поступают по одному входному потоку V и выгружаются также по одному выходному потоку W . Вращение ПСТМ реализуется в направлении a , при этом перемещение цепных конвейеров выполняется в направлении b . Суммарное транспортное движение БТВ совместно ПО на длине l осуществляется по спиральной траектории d .

Применение ППТС существенно расширяет технологические возможности процесса, технико-экономические параметры производства и уровень автоматизации производственных процессов.

Выводы. В данной работе разработаны основы создания и проектирования качественно новых высокоэффективных технологических систем непрерывного действия. Они относятся к технологическим

системам високої і сверхвисокої ефективності з 2-D і 3-D компоновками. Виконані дослідження дозволили розробити наступне:

1. В представленій роботі виконані дослідження особливостей синтезу технологічних систем неперервного дії з 2-D і 3-D компоновками технологічних зон.
2. Розроблені загальний підхід і методологія в створенні і функціонуванні високоєфективних ППТС.
3. В представленій роботі розроблені загальні принципи проектування і функціонування технологічних систем неперервного дії з 2-D і 3-D компоновками технологічних зон.
4. На основі проведених досліджень спроектовані конкретні варіанти ППТС для рішення питань комплексної автоматизації виробничих процесів.
5. В даній роботі виконані дослідження основних властивостей показників ефективності ППТС з 2-D і 3-D компоновками технологічних зон.

Перспективи подальших досліджень в даній області. Розроблені технологічні системи з 2-D і 3-D компоновками робочих позицій можна рекомендувати для наступних галузей народного господарства: машинобудування і приборобудування, хімічна, харчова і фармацевтична промисловості, радіотехнічна і електронна промисловість і інші галузі народного господарства.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Pruteanu O.V. Tehnologia constructiei de masini. P. 1 / O.V. Pruteanu. – Iasi: Junimea, 2005. – 436 p.
2. Radovanovic M. Tehnologija masinogradnje / M. Radovanovic. – Nis: Masinski fakultet Univerziteta u Nisu, 2002. – 328 p.
3. Schey John A. Introduction to manufacturing processes / J. A. Schey. – International Edition, 2000. – 962 p.
4. Taranenko W. Technologia kształtowania czesci maszyn o malej sztywnosci / W. Taranenko, A. Swic. – Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2005. – 282 p.
5. Кошкин Л.Н. Комплексная автоматизация производственных процессов на базе роторных линий / Л.Н. Кошкин. – М.: Машиностроение, 1972. – 351 с.
6. Автоматические роторные линии / И.А. Клусов, Н.В. Волков, В.И. Золотухин и др. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
7. Прейс В.В. Технологические роторные машины: вчера, сегодня, завтра / В.В. Прейс. – М.: Машиностроение, 1986. – 128 с.
8. Михайлов А.Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем неперервного действия / А.Н. Михайлов. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 379 с.
9. Михайлов А.Н. Основы теории поточно-пространственных технологических систем / А.Н. Михайлов // Вестник машиностроения, 1991. №4. С. 58 – 60.
10. Михайлов А.Н. Поточно-пространственные технологические модули / А.Н. Михайлов // Механизация и автоматизация производства, 1990, №1. С. 5 – 8.

Поступила в редакцию 28.01.2014 г.

Михайлов О.М., Михайлов Д.О. Підвищення ефективності технологічних систем безперервної дії на базі 2-D і 3-D компоновок

У даній роботі розроблені основи створення і проектування якісно нових високоєфективних технологічних систем безперервної дії. Вони відносяться до технологічних систем високої і надвисокої ефективності з 2-D і 3-D компоновками. Розроблено конкретні варіанти поточно-просторових технологічних систем безперервної дії.

Ключові слова: автоматизація, продуктивність, компоновка, система безперервної дії, поточно-просторова технологічна система.

Mikhaylov A.N., Mikhaylov D.A. Improving the efficiency of continuous processing systems based on 2-D and 3-D layouts

In this paper we developed a framework for creating and designing a qualitatively new highly technological systems of continuous action. They belong to the technological systems of high and ultra-high efficiency with 2-D and 3-D layouts. Developed specific embodiments thread-spatial process of continuous systems.

Keyword: automation, performance, layout, continuous system, thread-spatial technology system.