

законам. Игнорирование законов природы приводит не только к неосуществлению проектов, но и трагедиям, примером которой является авария на Чернобыльской АЭС.

Новое миропонимание, основанное на синтезе достижений фундаментальных наук, должно пронизывать всю систему обучения и воспитания подрастающего поколения – от школ до университетов. «Великая цель образования, – как сказал известный английский философ и социолог Г. Спенсер, – это не знания, а действия».

**Список литературы:** 1. Курс физики: Учебник для вузов: В 2-х т. / Под ред. В.Н. Лозовского. – СПб.: Изд-во «Лань», 2000. – 576 с. 2. Лозовский В.Н., Константинова Г.С., Лозовский С.В. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность: Учебное пособие. 2-е изд., испр. – СПб.: Изд-во «Лань», 2008. – 336 с. 3. Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания: Учебник для вузов. 9-е изд., испр. и доп. – М.: Академический Проект; Фонд «Мир», 2005. – 640 с.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА БАЗЕ ПОТОЧНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ**

**Михайлов А.Н., Михайлова Е.А., Михайлов Д.А., Недашковский А.П., Гитуни А.**

(ДонНТУ, Донецк, Украина)

Tel./Fax +38 062 3050104, E-mail: [tm@mech.dgtu.donetsk.ua](mailto:tm@mech.dgtu.donetsk.ua)

***Abstract:** In the given operation the problems of designing both automation of production operations on the basis of know-hows and technological systems of continuous operating are reviewed. The basic performances of special technological systems of continuous operating are given depending on an aspect of layout. Some design layouts of high-performance technological systems of continuous operating are reduced.*

### **1. 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.

Одним из перспективных направлений решения проблем машиностроения является комплексная и полная автоматизация производственных процессов на базе технологий непрерывного действия [1 ... 6]. Различают автоматизацию производства трех уровней: частичную, комплексную и полную. Частичная автоматизация ограничивается автоматизацией отдельных операций технологического процесса. Комплексная автоматизация – это автоматизация производственных процессов изготовления деталей и сборки с использованием автоматических систем машин. Полная автоматизация – высшая ступень автоматизации, при которой все функции контроля и управления производством выполняются автоматами.

Особенно эффективны для комплексной и полной автоматизации производственных процессов технологии, выполненные на базе технологических систем непрерывного действия [1 ... 6].

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

- технологические машины нормальной эффективности [1, 2, 3],
- технологические машины высокой эффективности,
- технологические машины сверхвысокой эффективности.

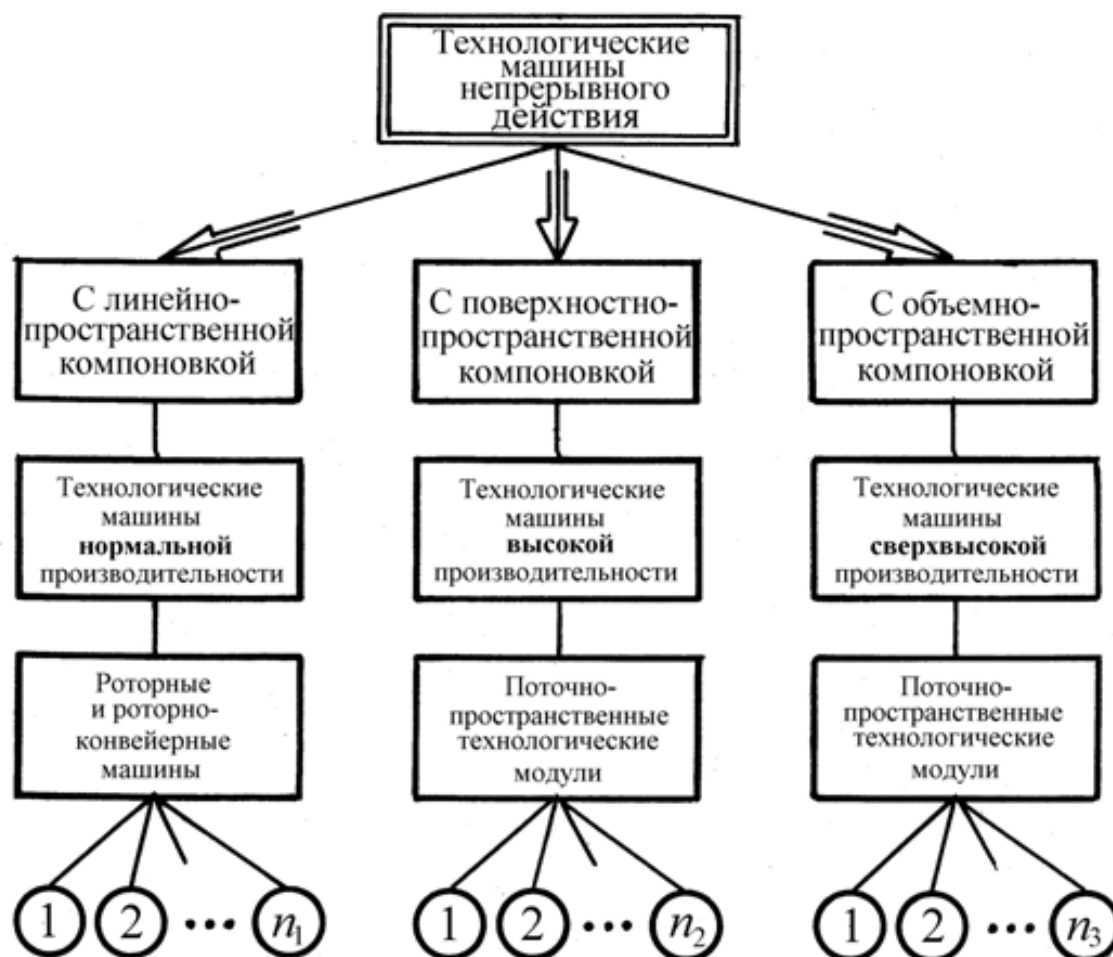


Рис. 1. Некоторые характеристики технологических систем непрерывного действия

Эти технологические системы имеют качественно новые свойства и возможности. Они широко могут использоваться для комплексной и полной автоматизации производственных процессов машиностроения в условиях массового производства изделий различного назначения.

В этой работе будут затронуты вопросы, связанные только с технологическими системами высокой и сверхвысокой производительности [4, 5, 6]. Так как технологические системы нормальной производительности в настоящее время достаточно глубоко исследованы и широко разработаны [1, 2, 3]. Хотя в целом, представленные далее разработки могут быть распространены и на технологические системы нормальной производительности, то есть на роторные и роторно-конвейерные машины.

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

ППТС – это совокупность, образованная из конечного множества поточно-пространственных технологических модулей (ППТМ), роторных или роторно-конвейерных машин, загрузочных и разгрузочных устройств, пространственно скомпонованных в технологической последовательности и связанных с системами привода и управления, предназначенная для автоматического выполнения целого комплекса операций технологического процесса. ППТМ представляет собой систему, состоящую из конечного числа технологических орудий и вспомогательных устройств (блоков технологического воздействия), пространственно скомпонованных относительно друг друга в пространственной технологической зоне и расположенных потоками, совершающими пространственные транспортные движения в пространственной технологической зоне по сложным рекуррентным траекториям, предназначенный для выполнения элементарной операции или группы элементарных операций технологического процесса.

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

## 2. Актуальность и постановка проблемы исследований

На рис. 2 показана гипотетическая модель иерархических уровней (оболочек) охвата процесса технологических преобразований предмета обработки (ПО) при комплексной или полной автоматизации производственных процессов на базе технологий и технологических систем непрерывного действия. При комплексной или полной автоматизации производственных процессов производится преобразование входных потоков  $V$  материального  $V_M$ , энергетического  $V_E$  и информационного  $V_I$  характеров в выходные потоки  $W$  материального  $W_M$ , энергетического  $W_E$  и информационного  $W_I$  характеров без непосредственного участия человека с помощью автоматов. Причем в процессе проектирования производственных процессов все проектные уровни должны реализовываться в оболочке комплексной или полной автоматизации.



Рис. 2. Гипотетическая модель иерархических уровней (оболочек) охвата процесса технологических преобразований ПО при комплексной или полной автоматизации производственных процессов

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

1. Для обеспечения комплексной или полной автоматизации и интенсификации производственных процессов перспективными являются технологические системы непрерывного действия, в которых технологическая обработка осуществляется в процессе непрерывного транспортного движения предметов обработки совместно с орудиями и средствами обработки.

2. Принципы проектирования роторных и роторно-конвейерных машин основываются на элементарных структурах блоков технологического воздействия и линейности их компоновки в технологических модулях и автоматических линиях. Это приводит к тому, что на практике производственные объемы цехов используются очень неэффективно. При этом применяемые автоматические линии роторной компоновки имеют низкие технико-экономические показатели.

3. При создании автоматических технологических систем необходимо стремиться к увеличению использования объемов технологического пространства. При этом нужно проектировать компактные технологические системы с пространственной компоновкой блоков технологического воздействия в поверхностно-пространственной или объемно-пространственной технологическими зонами, которые также характеризуются непрерывным движением орудий и средств обработки совместно с предметами обработки.

В настоящее время не существует основ теории создания и функционирования поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия. Для решения этой проблемы необходимо выполнить целую совокупность исследований, которые бы составили научную базу создания качественно новых технологических систем непрерывного действия.

В данной работе сделана попытка разработки общих принципов создания качественно новых технологических систем непрерывного действия, создания общего теоретического подхода в проектировании ППТС, синтеза конкретных вариантов ППТС и решения вопросов автоматизации производственных процессов на базе этих технологических систем.

В связи с этим, целью этой работы является разработка высокоэффективных технологических систем непрерывного действия с качественно новыми свойствами и возможностями, позволяющими решать вопросы комплексной и полной автоматизации производственных процессов. В работе планируется решить следующие основные задачи:

- разработать новые принципы синтеза ППТС,
- разработать общий теоретический подход в создании и функционировании высокоэффективных ППТС,
- спроектировать конкретные варианты ППТС для решения вопросов комплексной и полной автоматизации производственных процессов.

### **3. 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 [1, 2, 3]. 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 [4, 5, 6] 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  $p$ -мерных групп с подсистемами  $k$ -го класса;
- обеспечение упорядочивания многомерной замкнутой рекуррентной структуры технологических элементов за счет упорядочивания подсистем  $(k-1)$ -го класса в каждой подсистеме  $k$ -го класса;
- пространственной композиции технологических элементов и перехода от их линейно-пространственной компоновки к поверхностно-пространственной компоновке и затем к объемно-пространственной компоновке;
- 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  $(k-1)$ -го класса в подсистемах  $k$ -го класса сложной многомерной замкнутой структуры технологических элементов;
- обеспечения последовательного фазового смещения процесса выполнения заданных основных и вспомогательных функций в подсистемах  $(k-1)$ -го класса подсистем  $k$ -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.

Проанализируем принцип перехода от их линейно-пространственной компоновки к поверхностно-пространственной компоновке и затем к объемно-пространственной компоновке. В каждом конкретном случае выбирается та или иная пространственная компоновка технологических элементов. На рис. 3 показаны модели пространственных технологических зон: на рис. 3,а – линейно-пространственная технологическая зона; на рис. 3,б – поверхностно-пространственная технологическая зона; на рис. 3,в – объемно-пространственная технологическая зона. Здесь обозначено: 1 – входные потоки изделий, 2 – поток единичных технологических зон, 3 – единичная технологическая зона, 4 – изделие (предмет обработки), 5 – пространственная технологическая зона, 6 – выходные потоки изделий. Буквами обозначена  $v_{Ti\eta}$  – транспортная скорость изделий и  $h_i$  – шаг изделий.

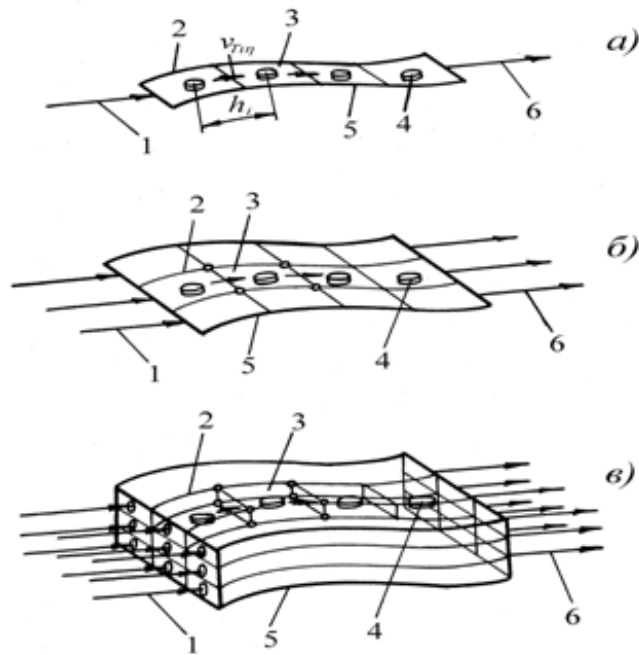


Рис. 3. Модели пространственных технологических зон: а – линейная, б – поверхностная, в – объемная

Теоретическая производительность технологических систем с различными видами пространственных технологических зон (рис. 3) определяется по следующим зависимостям:

- линейно-пространственная технологическая зона

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

- поверхностно-пространственная технологическая зона

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

- объемно-пространственная технологическая зона

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

где  $\Pi_i^L, \Pi_i^S, \Pi_i^V$  - теоретическая производительность технологической системы с линейно-пространственной, поверхностно-пространственной, объемно-пространственной технологической зоной соответственно;

$L_i, S_i, V_i$  - длина, площадь, объем пространственной технологической зоны соответственно;

$h_i, S_{Ei}, V_{Ei}$  - длина (шаг), площадь, объем единичной технологической зоны соответственно;

$T_o$  - длительность основного времени технологического воздействия орудий и средств обработки на изделие;

$b_{oi}, s_{oi}$  - ширина, площадь поперечного сечения технологической зоны соответственно;

$P_{Li}, P_{Si}, P_{Vi}$  - линейная, поверхностная, объемная плотность изделий в соответствующих пространственных технологических зонах;

$N_{Li}, N_{Si}, N_{Vi}$  - интенсивность потоков изделий соответственно в линейно-пространственной, поверхностно-пространственной, объемно-пространственной технологической зоне.

В выражениях (1)...(3), плотность изделий в соответствующих пространственных технологических зонах определяется на основании следующих выражений:

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

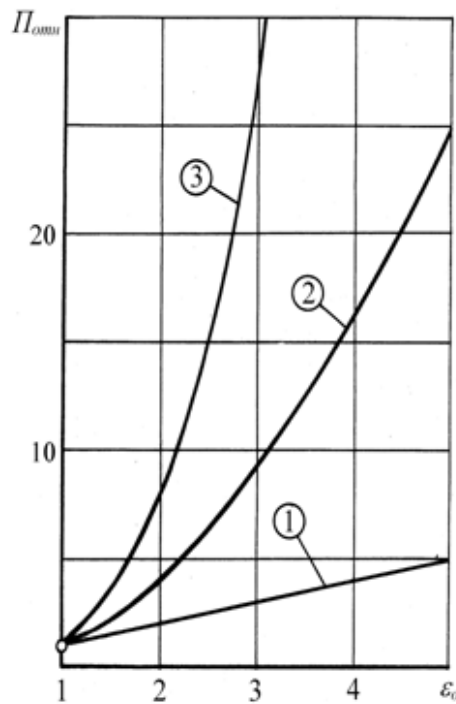


Рис. 4. Зависимость производительности системы от габаритных размеров технологической зоны: 1 – линейная, 2 – поверхностная, 3 – объемная

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  $\epsilon_o$  пространственной технологической зоны (рис. 4). 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 (рис. 5) и затем ячейки пространственно компоновать во всем объеме производственного цеха (рис. 6), 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.

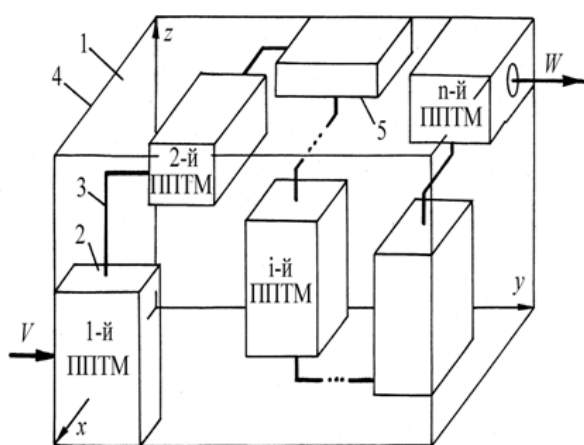


Рис. 5. Формализованная объемно-пространственная технологическая система (производственная ячейка)

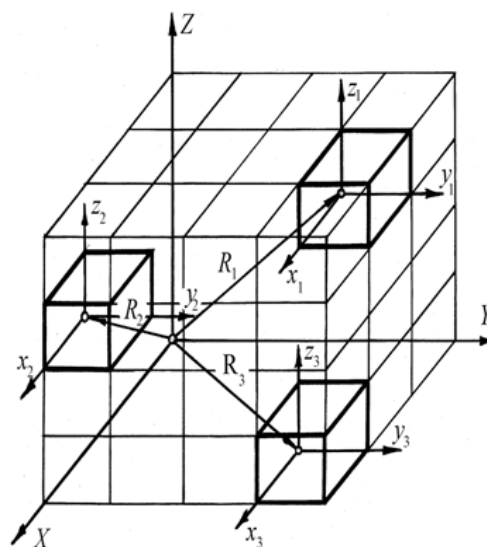


Рис. 6. Формализованная схема пространственного компактирования объемов ячейками



На рис. 5 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 рис. 6 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 (рис. 7):

- 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.

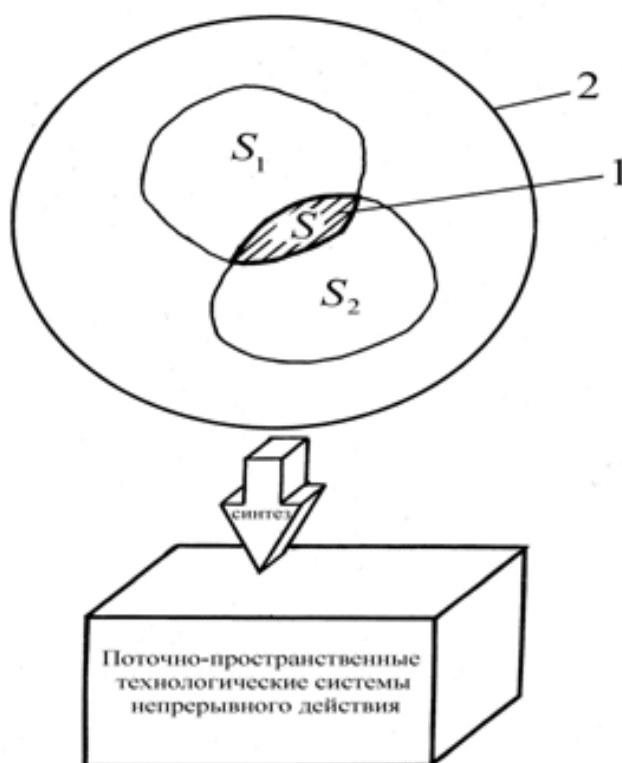


Рис. 7. Диаграмма комплексного синтеза ППТС

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 рис. 8 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.

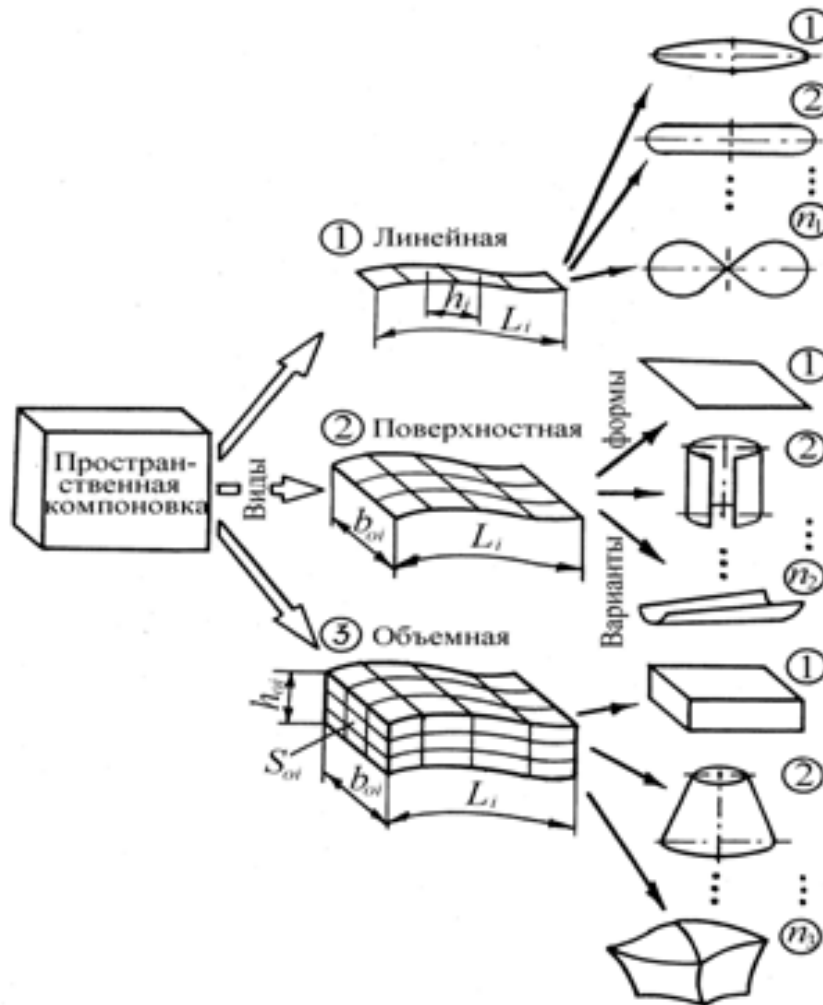


Рис. 8. Виды и варианты технологических зон ППТМ

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.

Варианты построения принципиально-структурных моделей ППТМ представлены на рис. 9. Здесь показано, что на основании одной объемно-

пространственной структурной модели ППТМ, в зависимости от варианта принципиальной кинематической схемы, можно получить множество различных типов принципиально-структурных моделей ППТМ.

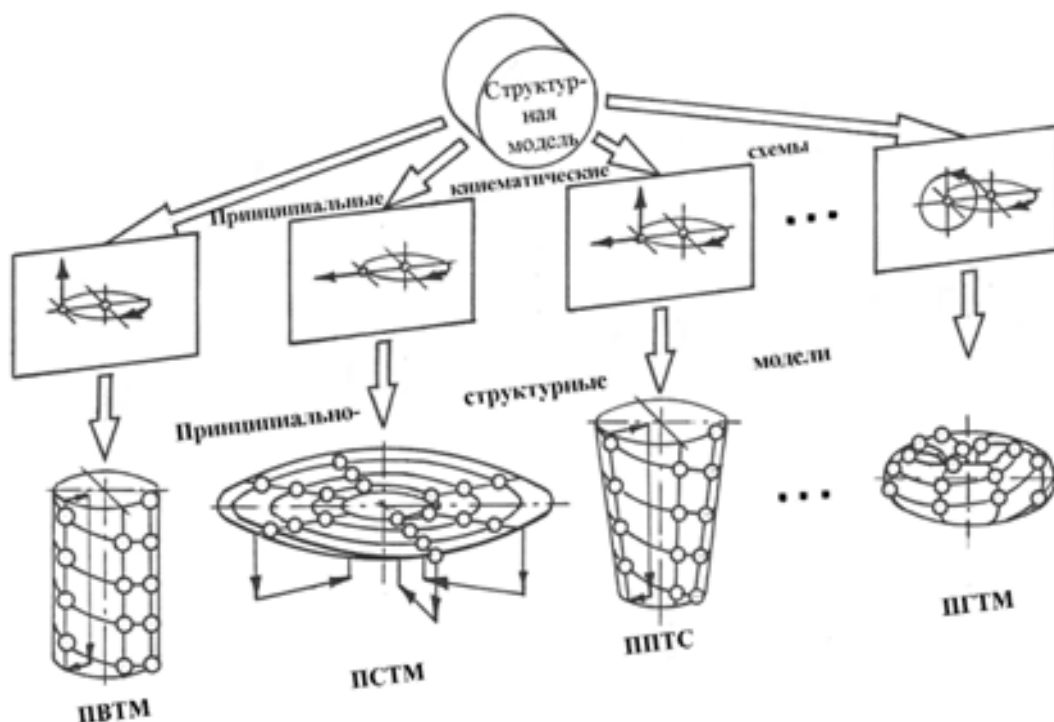


Рис. 9. Схема построения принципиально-структурных моделей ППТМ

На рис. 10 представлена принципиально-структурная модель ППТС. Здесь показано: 1 – транспортный ротор, 2 – ПВТМ, 3 – ПСТМ, 4 транспортный ротор, 5 – ПВТМ, 6– транспортный ротор, 7- ППТМ, 8– транспортный ротор, 9 – ПГТМ, 10– транспортный ротор, 11 – БТВ, 12 – 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 вращательного движения подсистем ППТМ.

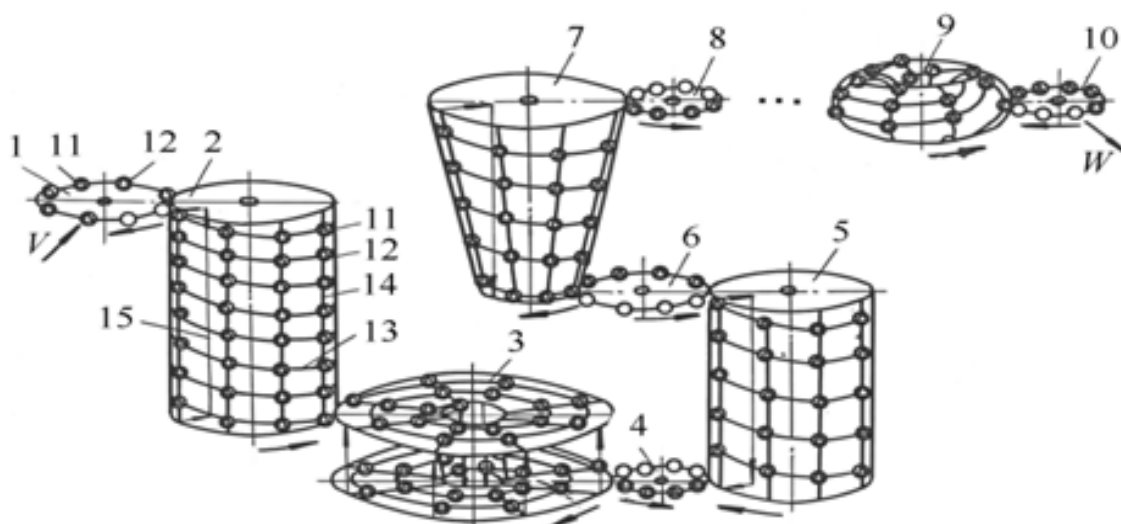


Рис. 10. Принципиально-структурная модель ППТС

В данной работе выполнены исследования показателей качества и эффективности функционирования ППТС. Для установления параметров маршрутизации изделий в ППТС предложена теория маршрутизации, базирующаяся на многомерной алгебре групп, которая специально разработана в данной работе. При этом установлена зависимость параметров структурной надежности и производительности ППТС на этапе их проектирования. Разработаны структурно-логические формулы надежности технологических систем непрерывного действия. Исследованы вопросы точности и разработаны пути ее стабилизации. Предложены методы повышения динамической инвариантности ППТС.

Детализируя схему рис. 10, структурно-функциональную схему ППТС можно представить в развернутом виде с помощью схемы, приведенной на рис. 11. Здесь ППТС включает следующие виды машин: ППРАМ, выполняющие обработку ПО путем технологического воздействия на них орудий и средств обработки; ППТРМ, осуществляющие передачу, изменение ориентации и плотности потока ПО; ППКОМ, обеспечивающие сплошной или выборочный контроль ПО; энергетические модули (ЭМ), предназначенные для преобразования энергии и движений, создания технологических сред и полей; контрольно-управляющие модули (КУМ), корректирующие параметры процессов обработки и осуществляющие рассортировку потока ПО; логические модули (ЛМ), предназначенные для принятия решений о частном отказе от подачи заготовок на вход ППТС, смене инструмента на основе результатов контроля ПО. Заметим, что по схеме рис. 11,а ведется пассивный контроль ПО в ППТС, а по схеме рис. 11,б выполняется активный контроль качества ПО непосредственно в каждом ППТМ ППТС.

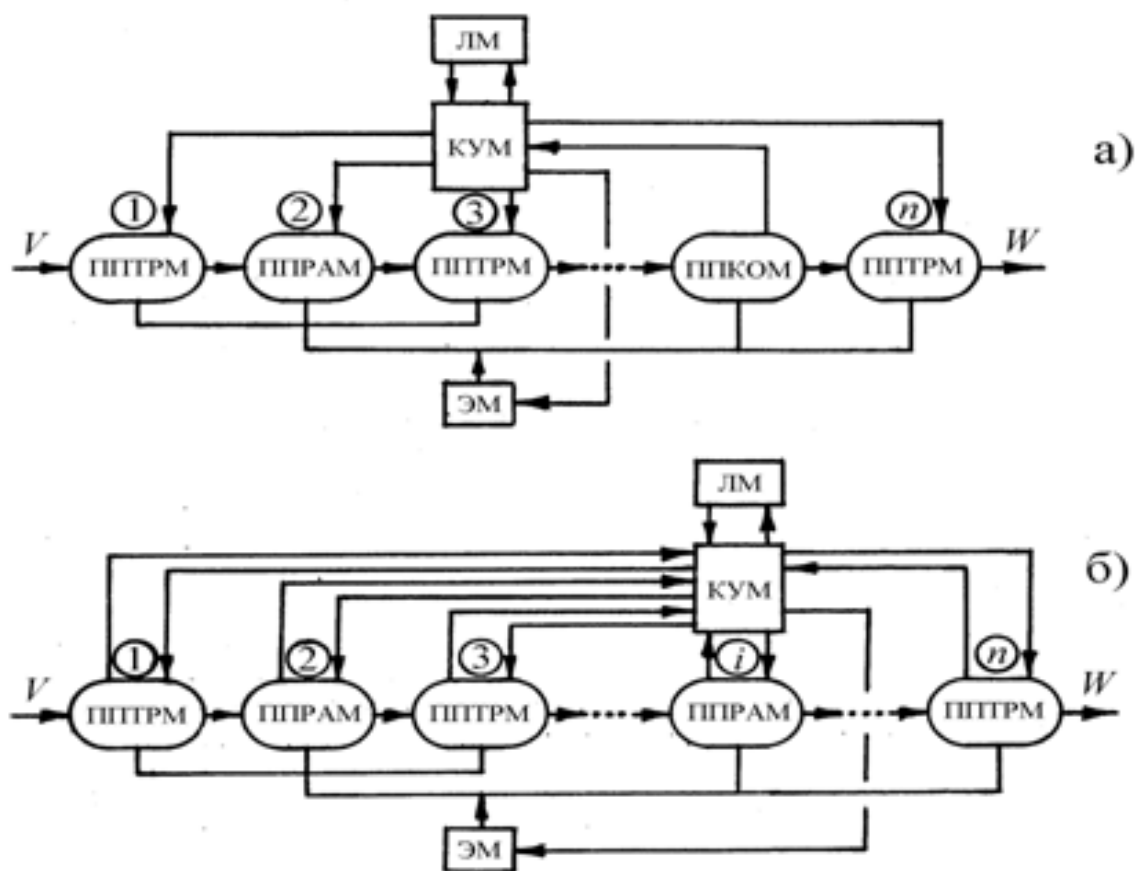


Рис. 11. Развернутая структурно-функциональная схема ППТС: а – с пассивным контролем, б – с активным контролем

Выполненная работа позволила создать нетрадиционные варианты высокоэффективных технологических систем непрерывного действия для широкого класса изделий и сложных технологических процессов. Разработанные методы проектирования дают возможность конструировать технологические системы нормальной, высокой и сверхвысокой производительности. Эти технологические системы позволяют решать вопросы комплексной и полной автоматизации производственных процессов

Далее приведем некоторые варианты ППТМ, которые разработаны в рамках этой работы и представлены на рис. 12...18.

На рис. 12 представлена компоновочная схема ПВТМ, на рис. 12,а - продольный разрез, на рис. 12,б - поперечный разрез.

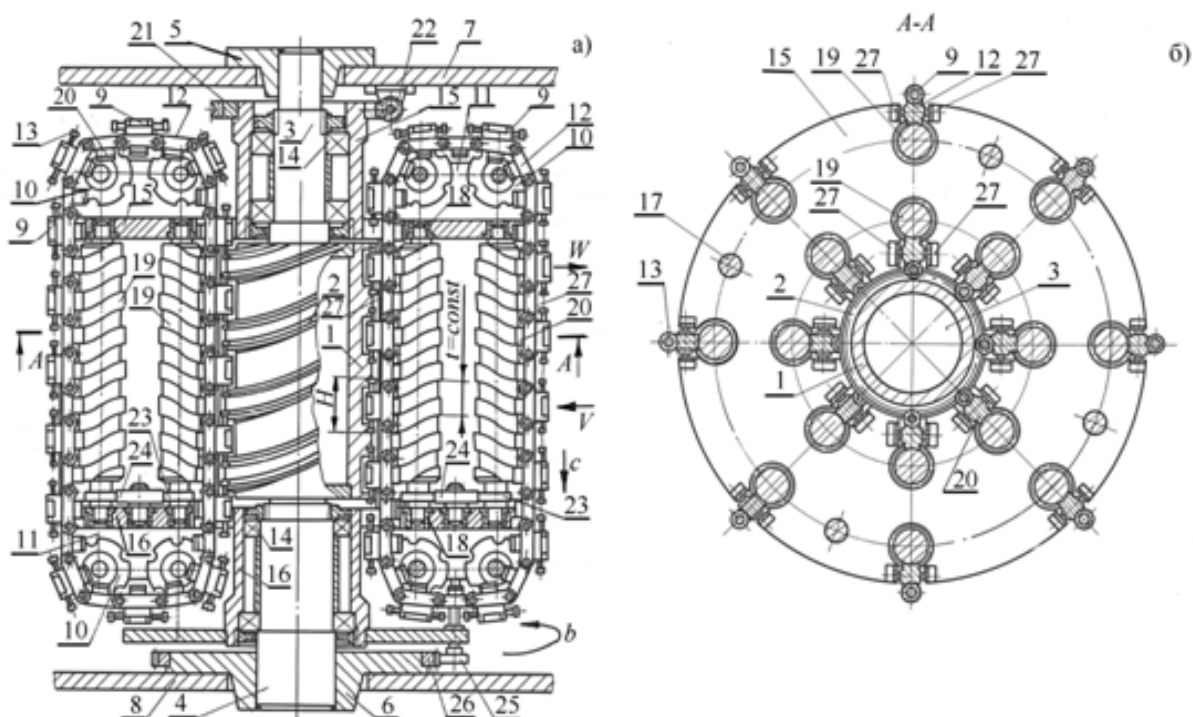


Рис. 12. Компоновочная схема ПВТМ: а – продольный разрез, б – поперечный разрез

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

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

где  $P_{ци}$  - цикловая производительность ПВТМ;

$T_{ци}$  - время полного кинематического цикла;

$v_{i1}$  - количество БТВ в одном цепном конвейере;

$v_{i2}$  - количество цепных конвейеров ПВТМ.

На рис. 13 представлен компоновочная схема горизонтального ПВТМ. Использование данного ПВТМ позволяет существенно упростить процесс загрузки и

разгрузки блоков технологического воздействия, транспортируемых совместно с предметами обработки.

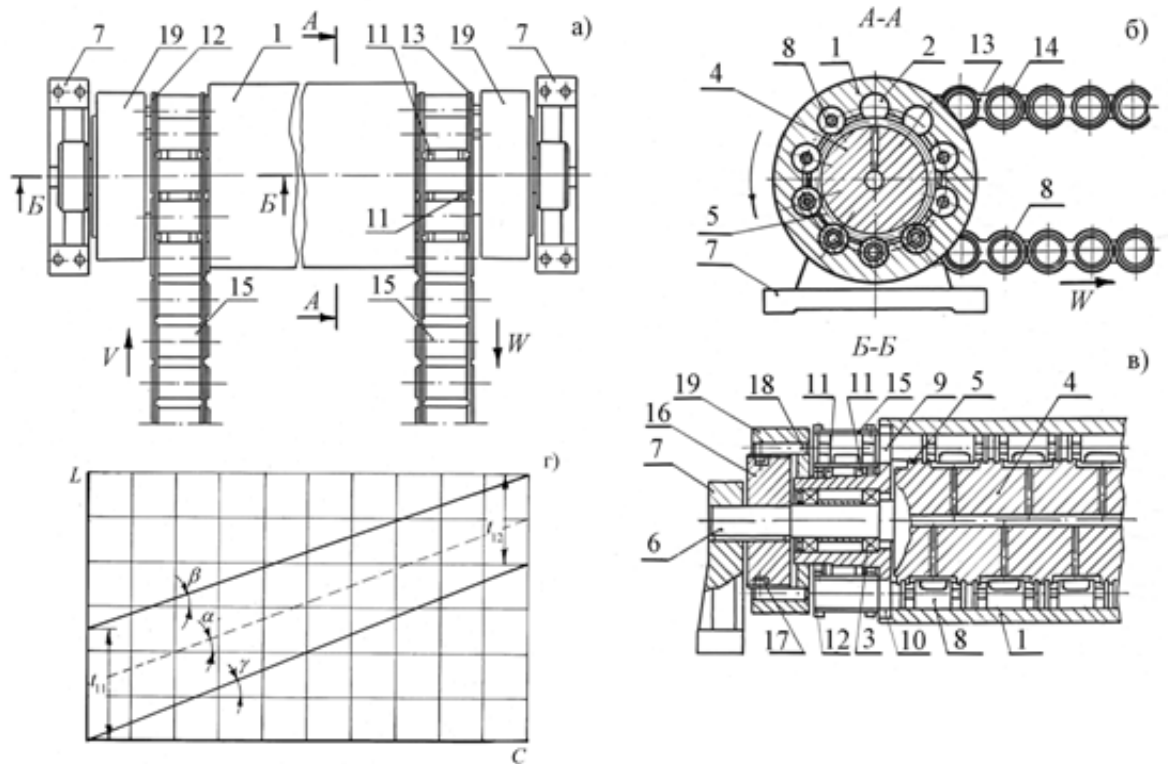


Рис. 13. Горизонтальный ПВТМ с внешним рекуррентным потоком БТВ: а – вид сверху, б – сечение А-А, в – сечение В-В, г – развертка винтового шнека

На рис. 14 приведена компоновочная схема ПСТМ с двумя ярусами. В первом ярусе выполняется операция завальцовки самопорящихся гаек, во втором ярусе операция зачеканки.

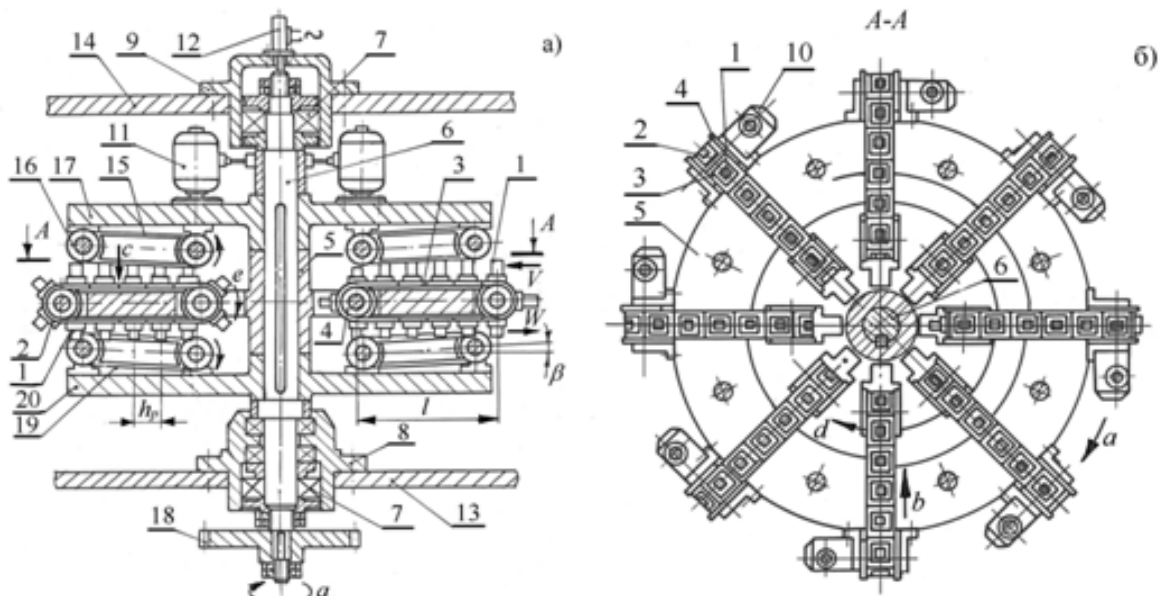


Рис. 14. Компоновочная схема ПСТМ: а – продольный разрез, б – поперечный разрез

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  $d$ .

На рис. 15 приведена компоновочная схема ПГТМ, в котором продольные оси БТВ располагаются в плоскости их вращения.

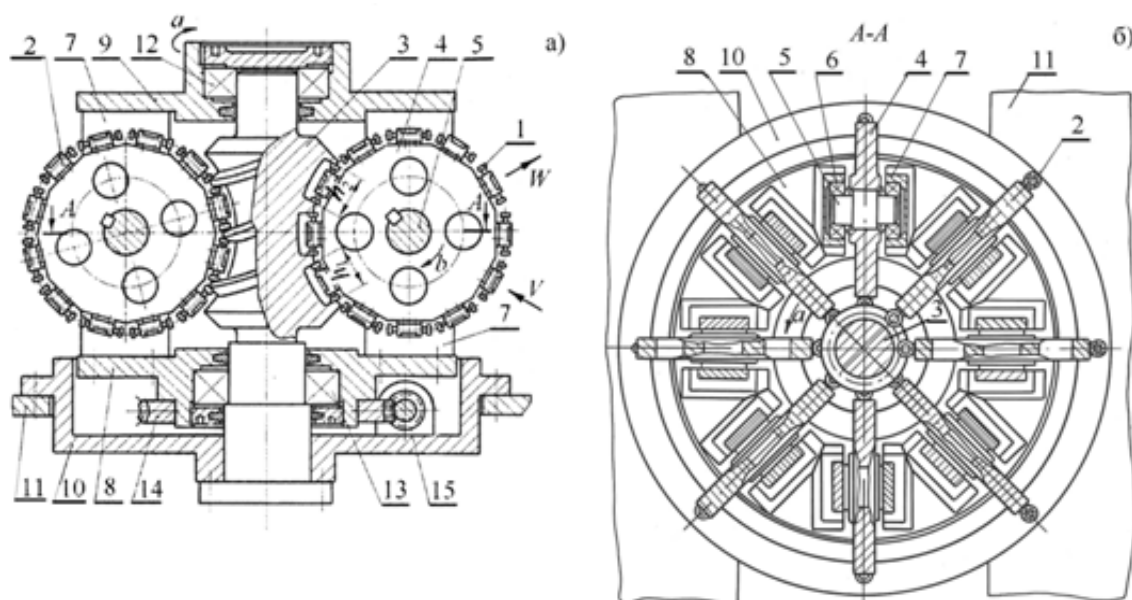


Рис. 15. Компоновочная схема ПГТМ: а – продольный разрез, б – поперечный разрез

В процессе работы ПГТМ реализуется два транспортных элементарных вращательных движений  $a$  и  $b$ . При прохождении БТВ 2 через глобoid 3 реализуется рабочее движение инструментов 1, которое выполняется по касательной к окружности поворота роторов 4. ПО поступают в БТВ 2 по входному потоку  $V$ , а выгружаются по выходному потоку  $W$ . Цикловая производительность ПГТМ определяется в соответствии с формулой (6).

Особый интерес имеет направление по созданию мехатронных ППТС непрерывного действия для обработки крупногабаритных изделий. Развитие этого направления реализуется на базе мехатронных технологий для изготовления крупногабаритных изделий имеющих длительное время обработки порядка 5 ... 6 часов и более.

Использование предлагаемого направления позволяет снизить время обработки и повысить точность обработки поверхностей крупногабаритных изделий до 20 ... 30 минут.

Представим один из вариантов технологической системы непрерывного действия для обработки крупногабаритных изделий при помощи компоновочной схемы рис. 16.

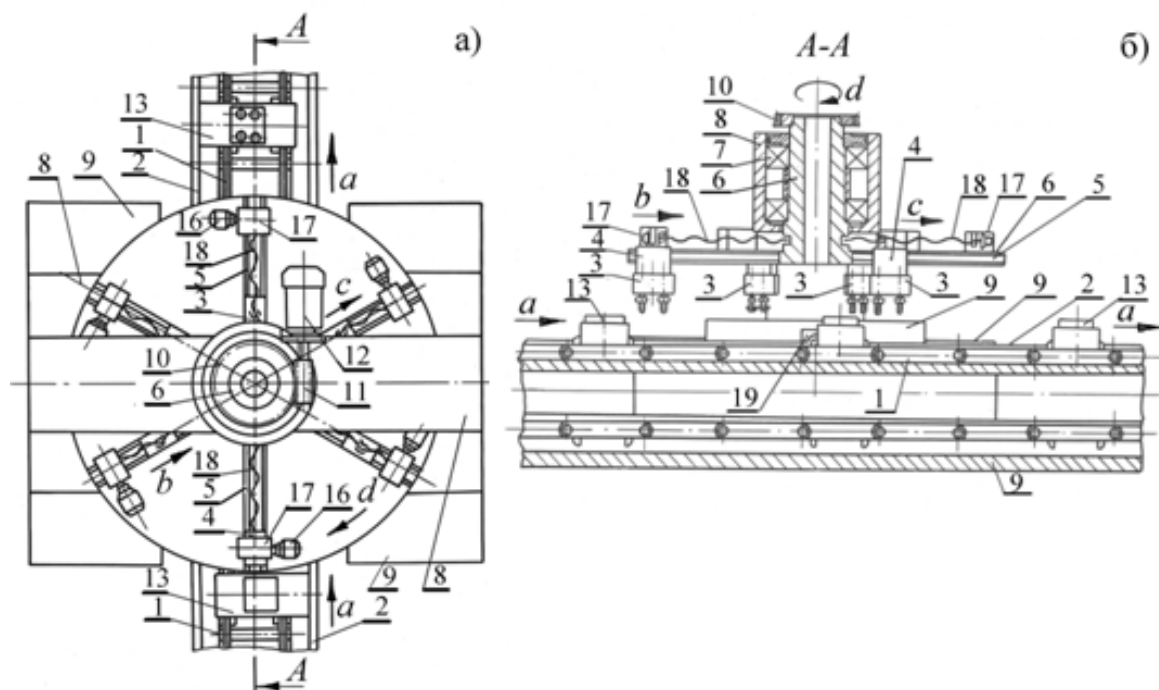


Рис. 16. Многооперационная технологическая система непрерывного действия для обработки крупногабаритных изделий: а - общий вид, б - сечение А-А

Использование предлагаемой технологической системы позволяет по сравнению с существующим оборудованием резко повысить производительность обработки и точность изготовления крупногабаритных изделий, значительно расширить технологические возможности и сократить производственные площади.

В этом направлении еще разработано ряд способов и устройств для обработки крупногабаритных изделий в потоках. Однако в рамках этой работы они не приводятся.

Еще одним из перспективных направлений развития ППТС непрерывного действия является создание поточно-пространственных многооперационных технологических центров непрерывного действия, обеспечивающих в потоках изделий выполнение потоков операций. Здесь, в одном поточно-пространственном многооперационном технологическом центре можно реализовать сразу весь технологический процесс, состоящий из множества операций.

На рис. 17 представлен поточно-винтовой обрабатывающий центр непрерывного действия.



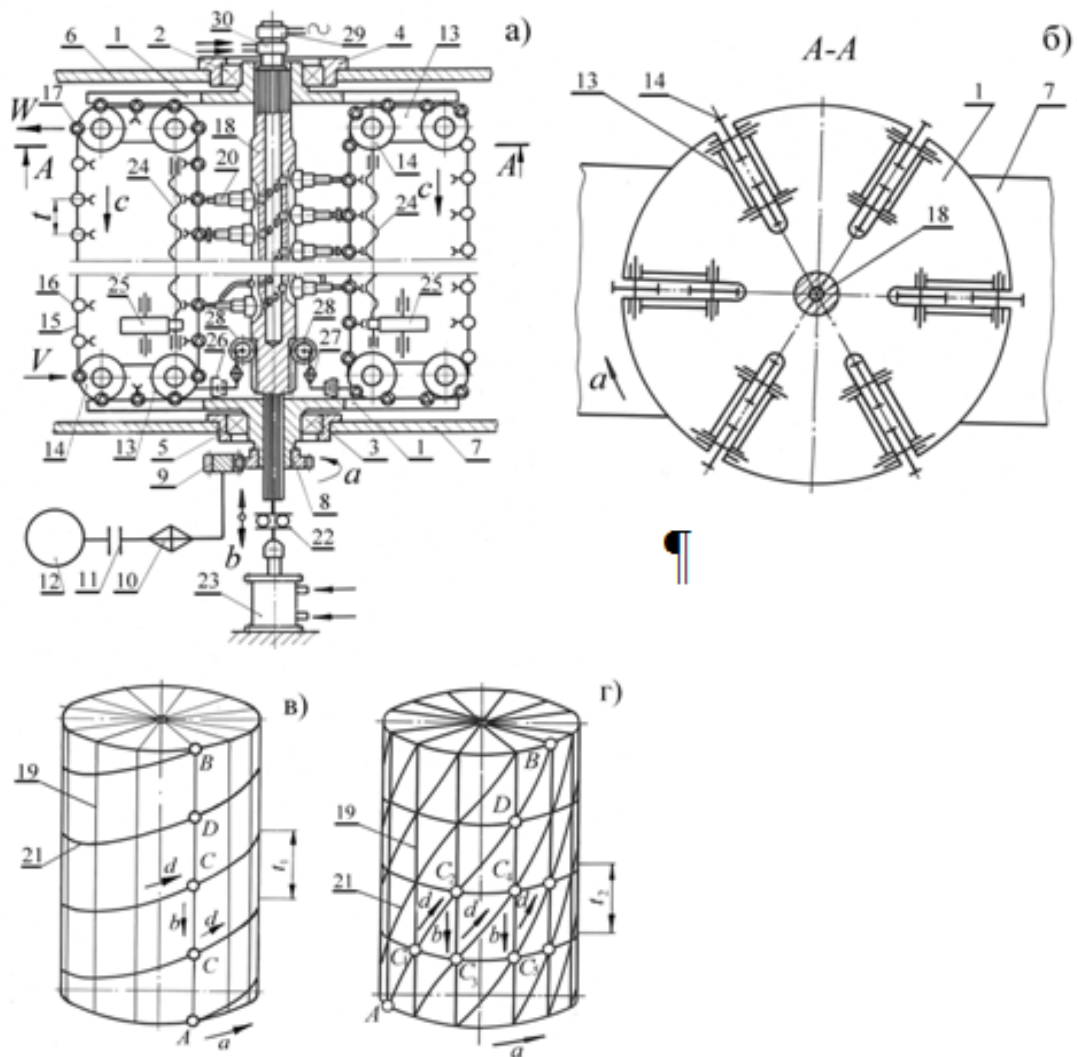


Рис. 17. Многооперационный поточно-винтовой обрабатывающий центр: а - общий вид, б - сечение А-А, в - принципиально-структурная модель с размещением БТВ по одной винтовой траектории, г - принципиально-структурная модель с размещением БТВ по нескольким винтовым траекториям

Использование поточно-пространственных технологических центров значительно расширяет технологические возможности обрабатывающих систем за счет реализации целого комплекса технологических операций процесса.

Выше представлены различные варианты ППТС непрерывного действия, их структура и конструкции. В практике создания ППТС могут встречаться случаи, когда для производства изделий необходимо создавать технологическую систему, состоящую из комбинации подсистем, имеющих линейно-пространственную, поверхностно-пространственную или объемно-пространственную структуру, а также состоящих из технологических машин различных классов. Конструирование таких технологических систем нужно выполнять на базе логики и технико-экономической целесообразности.

На рис. 18 представлена ППТС, выполненная на базе вертикальных ПВТМ [4]. В этой компоновочной схеме, ПВТМ представляют собой термические колодцы для реализации физико-химического воздействия среды на ПО.

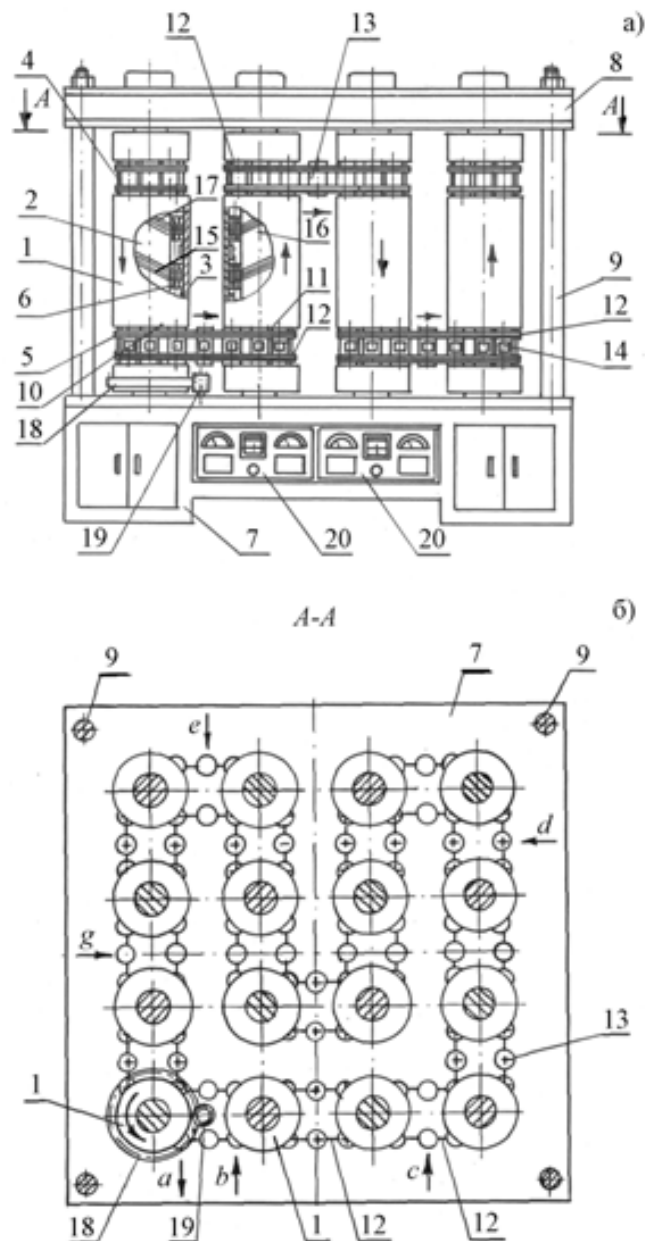


Рис. 18. ППТС на базе вертикальных ПВТМ: а – общий вид, б – сечение А-А

Применение ППТС существенно расширяет технологические возможности процесса и технико-экономические параметры производства.

Эти технологические системы особенно эффективны для широкого применения в следующих отраслях народного хозяйства:

- машиностроении и приборостроении,
- химической промышленности,
- пищевой промышленности,
- фармацевтической промышленности,
- радиотехнической и электронной промышленности,
- других отраслях народного хозяйства.

#### 4. Выводы

В данной работе разработаны теоретические основы создания и проектирования качественно новых высокоэффективных технологических систем непрерывного действия. Эти технологические системы получили название поточно-пространственные

технологические системы (ППТС) непрерывного действия. Они относятся к технологическим системам высокой и сверхвысокой эффективности.

Теоретические основы создания ППТС базируются на новом научном подходе в проектировании и функционирования этих технологических систем, в котором заложены нетрадиционные принципы их создания. Это дает основание говорить о разработке нового научного направления, связанного с созданием технологических систем нового уровня - ППТС непрерывного действия, которые имеют нетрадиционные технико-экономические показатели и возможности.

На основании анализа общих принципов компоновки известных типов технологических систем разработаны новые принципы создания и функционирования технологических систем непрерывного действия, а также предложен нетрадиционный подход к решению проблемы создания и функционировании ППТС.

Разработаны конкретные варианты ППТС, обеспечивающие решение вопросов комплексной и полной автоматизации производственных процессов. Эти технологические системы существенно повышают технико-экономические показатели изготовления изделий и могут широко использоваться в различных отраслях народного хозяйства.

**Список литературы:** 1. Кошкин Л.Н. Комплексная автоматизация производственных процессов на базе роторных линий. – М.: Машиностроение, 1972. – 351 с. 2. Автоматические роторные линии / И.А. Клусов, Н.В. Волков, В.И. Золотухин и др. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с. 3. Прейс В.В. Технологические роторные машины: вчера, сегодня, завтра. – М.: Машиностроение, 1986. – 128 с. 4. Михайлов А.Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 379 с. 5. Михайлов А.Н. Основы теории поточно-пространственных технологических систем // Вестник машиностроения, 1991. №4. С. 58 – 60. 6. Михайлов А.Н. Поточно-пространственные технологические модули // Механизация и автоматизация производства, 1990, №1. С. 5 – 8.

## **КОМПАУНДИРОВАНИЕ СМЕСЕЙ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ КАК СТАДИЯ ПОДГОТОВКИ К ТЕРМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ**

**Парфенюк А.С., Кутняшенко А.И., Сокур А.А. (ДонНТУ, Донецк, Украина)  
Heinrich S., Antonyuk S. (TUHH, Hamburg, Germany)**

***Abstract:** In the article the necessity of kompaundirovaniya of hard wastes is described. The basic physical -mechanical parameters of the got preforms are rotined.*

Технология комплексной переработки смесей твердых углеродистых промбытотходов (ТПБО) методом термолиза позволяет получать твердое термолизное топливо (ТТТ), жидкие углеводороды, химические продукты и энергию. Этот метод термолизно-энергетической рекуперации отходов (метод ТЭРО) [1] имеет следующие отличительные особенности: 1) более высокий уровень экологичности в сравнении с другими методами термической переработки твердых отходов; 2) гибкость процесса термолизно-энергетической рекуперации позволяет перерабатывать одновременно бытовые и промышленные отходы; 3) ТБО подготавливают и смешивают в заданных пропорциях с твердыми промотходами (со шламами углеобогащения и фусами коксохимического производства); 4) в термолизных агрегатах, объединенных в батарею