

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ РОТОРНЫХ МАШИН

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

В настоящее время при реализации многономенклатурного производства на базе роторных систем непрерывного действия каждое изделие обрабатывается в отдельной рабочей позиции, что при увеличении числа номенклатур изделий приводит к увеличению занимаемых площадей и потерям во времени кинематического цикла [1]. Решение данной проблемы позволит снизить цеховые расходы на содержание данного оборудования, существенно повысить вероятность окупания технических систем за счет снижения требуемых годовых программ изделий и потерь во времени кинематического цикла. Данная проблема является одной из основных, сдерживающих развитие роторных систем в условиях рыночных отношений, и её решение позволит обоснованно подойти к проектированию многономенклатурных систем непрерывного действия, целесообразность применения которых в различных отраслях народного хозяйства не вызывает сомнений [2, 3, 4].

Целью выполнения данной работы является обеспечение требуемой производительности многономенклатурных роторных машин за счет объединения изделий с малой программой выпуска для обработки в одной рабочей позиции.

Для достижения поставленной цели должны быть решены такие задачи.

1. Исследовать особенности многономенклатурного производства на базе роторных систем и выявить факторы, сдерживающие их развитие.
2. Исследовать влияние сдерживающих факторов на технические показатели производства.
3. Исследовать предложенный способ нивелирования влияния сдерживающих факторов.



Рис. 1. Крепежные изделия

В настоящее время существует множество изделий, имеющих схожий технологический процесс изготовления и отличающихся только геометрическими размерами и некоторыми конструктивными элементами, требующими для изготовления схожих технологических движений. На рисунке 1 изображены стержневые крепежные изделия, отличающиеся формой головки и формой полости, а также длиной и размерами головок. Для изготовления данных

крепежных изделий может быть применен технологический процесс, включающий такие операции: отрезка заготовки требуемой длины, предварительная высадка головки, окончательная высадка головки, редуцирование резьбовой части, накатка резьбы.

Данные крепежные изделия (см. рисунок 1) изготавливаются на однономенклатурных холодновысадочных автоматах, требующих переналадку для

выпуска другого изделия. При изготовлении данных изделий на многономенклатурных роторных системах возможна одновременная обработка всех номенклатур на одной многономенклатурной комплексно-автоматизированной роторной линии, однако при этом каждое изделие обрабатывается в отдельном инструментальном блоке.

На рисунке 2 изображена схема многономенклатурной роторной машины, имеющей  $u_p=4$  рабочих позиции и позволяющей обрабатывать четыре номенклатуры крепежных изделий. Данная многономенклатурная роторная машина для нормального функционирования в составе автоматической линии должна соответствовать общим требованиям, предъявляемым к многономенклатурным роторным системам [1].

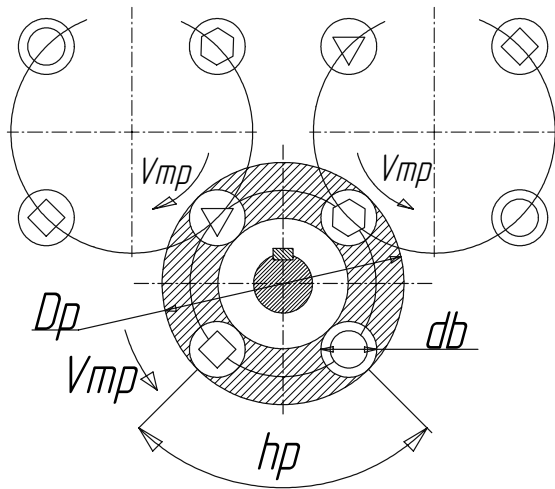


Рис. 2. Многономенклатурная роторная машина

величины кинематического цикла растут требования к производительности машины при изготовлении отдельных изделий. Кроме того, увеличивается занимаемая роторной машиной площадь.

Для оценки влияния числа номенклатур и длительности кинематического цикла на производительность машины при изготовлении отдельных изделий примем, что производительности машины при изготовлении изделий равны между собой. Тогда общая производительность может быть определена как произведение производительности машины при изготовлении отдельного изделия на число номенклатур. Требуемая зависимость может быть получена с учетом формулы 1.

$$Q = n \cdot Q_A = \frac{U_p}{T_k}; Q_A = \frac{U_p}{n \cdot T_k} \Rightarrow Q_A = \frac{1}{T_k}, \quad (2)$$

где  $n$  - число номенклатур изделий.

На рисунке 3а изображен график 1 зависимости производительности машины при изготовлении отдельного изделия от числа номенклатур и времени кинематического цикла, построенной по формуле 2. График показывает, что при увеличении времени кинематического цикла требуемая производительность машины при изготовлении изделий уменьшается за счет снижения общей экономически обоснованной производительности, а при увеличении числа номенклатур остается без изменения за счет снижения транспортной скорости. При этом, с увеличением транспортной скорости увеличивается время кинематического цикла без увеличения общей производительности машин, что приводит к возникновению потерь во времени обработки.

При этом общая производительность многономенклатурных роторной машины может быть определена как сумма частных производительностей изделий.

$$Q = Q_A + Q_B + \dots + Q_Z = \frac{U_p}{T_k}, \quad (1)$$

где  $Q$  - общая производительность машины.

$Q_A, Q_B, Q_Z$  - производительность машины при изготовлении отдельных изделий различных номенклатур.

$U_p$  - число рабочих позиций.

$T_k$  - время кинематического цикла.

Очевидно, что с увеличением числа номенклатур изделий и снижением

Влияние числа номенклатур изделий на эффективность использования площади многономенклатурных роторных машин исследуется при помощи коэффициента использования площади  $\eta_F$ , характеризующего отношение площади кольца, образуемого инструментальными блоками, к площади роторной машины.

$$\eta_F = \frac{F_k}{F_p} = \frac{4 \cdot U_p \cdot d_b \cdot h_p}{\pi \cdot (U_p \cdot h_p + d_b)^2}, \quad (3)$$

где  $\eta_F$  - коэффициент использования площади.

$F_k$  - площадь кольца, образуемого инструментальными блоками.

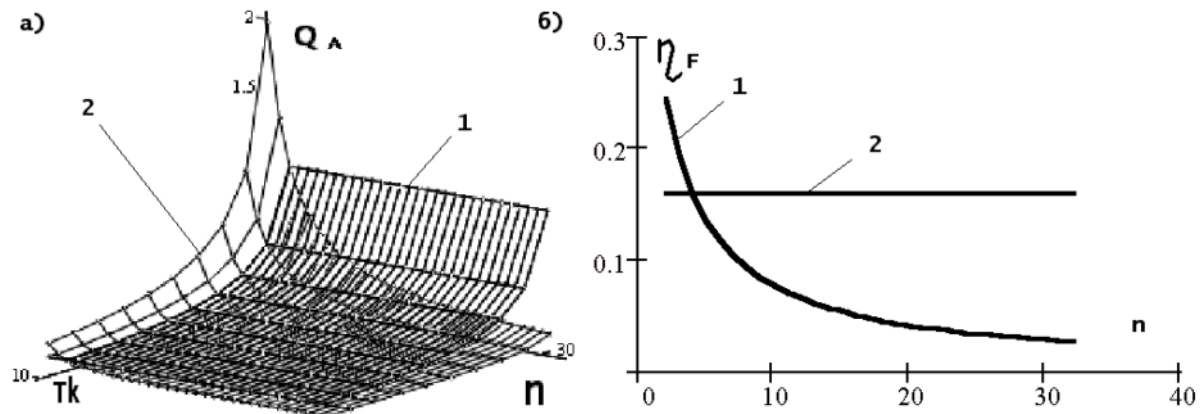


Рис. 3. Графики зависимостей

$F_p$  - площадь роторной машины.

$d_b$  - диаметр инструментального блока.

$h_p$  - шаг роторной машины.

На рисунке 3б представлен график 1 зависимости коэффициента использования площади от числа номенклатур ( $u_p = n$ ). График показывает, что при увеличении числа номенклатур изделий коэффициент использования площади уменьшается из-за увеличения диаметра ротора, зависящего от числа рабочих позиций.

Таким образом, исходя из полученных результатов, для обеспечения требуемой производительности многономенклатурных роторных машин должна быть найдена возможность увеличения числа номенклатур обрабатываемых крепежных изделий без увеличения числа рабочих позиций.

На рисунке 4 изображена схема многономенклатурной роторной машины, предложенной для решения данной проблемы. Данная машина обеспечивает возможность обработки нескольких однотипных крепежных изделий в одной рабочей позиции, например, предварительное формообразование головки винтов и болтов одного диаметра но разной длины и близкой формы головки. Предложенная многономенклатурная роторная машина соответствует всем требованиям, предъявляемым к машинам данного класса [2]. Общая производительность данной машины определяется по формуле 1.

При этом, учитывая то, что в предложенной машине число рабочих позиций не равно числу номенклатур, зависимость производительности машины при изготовлении отдельного изделия от числа номенклатур и времени кинематического цикла будет отличаться от традиционной.

$$Q_A = \frac{U_p}{n \cdot T_k} \quad (4)$$

На рисунке 3а изображен график 2 зависимости производительности машины при изготовлении отдельного изделия от числа номенклатур и времени кинематического цикла, построенной по формуле 4. График показывает, что в предложенной машине с увеличением числа номенклатур изделий их требуемая производительность уменьшается, то есть открывается возможность широкого использования роторных систем в условиях крупносерийного и даже серийного производства. Анализ графиков, изображенных на рисунке 3а показывает, что многономенклатурные машины, приведенные на рисунке 2, следует использовать когда число номенклатур изделий равно или меньше числа рабочих позиций. В случае, когда число номенклатур изделий превышает экономически обоснованное число рабочих позиций следует переходить к многономенклатурным роторным машинам, изображенным на схеме 4.

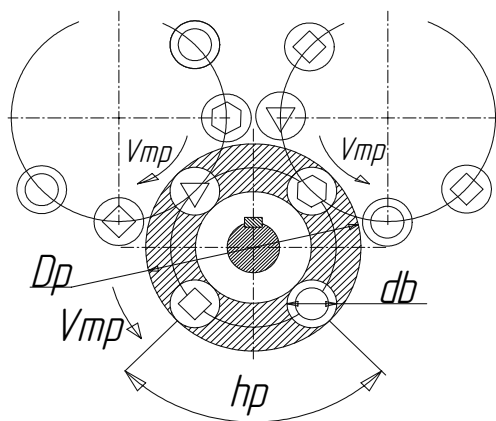


Рис. 4. Предложенная многономенклатурная роторная машина

Для машин, представленных на схеме 4, коэффициент использования площади (см. формулу 3) не зависит от числа номенклатур, и на графике (см. рисунок 3б) представлен в виде прямой 2.

Таким образом, предложенная многономенклатурная роторная машина обеспечивает возможность увеличения числа номенклатур изделий без изменения числа рабочих позиций.

Следует отметить, что реализация многономенклатурного производства крепежных изделий на базе предложенных роторных машин (см. рисунок 4) потребовало решения ряда проблем, а именно - проблемы подбора изделий,

обрабатываемых в одной рабочей позиции, обеспечение требуемых законов движения для инструментов и проектирования соответствующих инструментальных блоков.

Предложенная схема многономенклатурной роторной машины позволяет решить проблему обеспечения требуемой производительности данных систем за счет объединения изделий с малой программой выпуска для обработки в одной рабочей позиции. Данные машины обеспечивают сохранение расчетной величины кинематического цикла и коэффициента использования площади многономенклатурной роторной машины при увеличении числа номенклатур изделий. Предложенные многономенклатурные роторные машины целесообразно применять, когда число номенклатур изделий превышает экономически обоснованное число рабочих позиций. Выполненная работа позволила выявить новые проблемы, без решения которых развитие данных систем невозможно.

**Список литературы:** 1. Клузов И. А. Технологические системы роторных машин для серийного производства. /Автоматизация технологических процессов: Сб. науч. тр.- Тула: Тульский политехн. ин-т, 1981 - с. 13 -19. 2. Михайлов А. Н. Основы синтеза поточно-пространственных технологических систем непрерывного действия.- Донецк: ДонНТУ, 2002.- 379 с. 3. Клузов И. А. Развитие роторных технологий. // Вестник машиностроения.- 2003.- №4.- с. 46-50. 4. Прейс В. В., Крюков В. А. Комплексная автоматизация производства на базе автоматических роторных и роторно-конвейерных линий. // Вестник машиностроения.- 2002.- №11.- с. 35-39.

## СИНТЕЗ КОНСТРУКЦИИ ШАГАЮЩЕГО МАНИПУЛЯТОРА

**Володько А.Ю., Горобец И. А.** (каф ТМ, ДонНТУ, г.Донецк, Украина)

Создание мобильных роботов, способных заменить человека на многих участках современного производства, а также автоматических систем, которые могут быть использованы в условиях, опасных для здоровья и жизни человека, является актуальной научной и технической проблемой. Одним из важных классов роботов являются шагающие роботы, предназначенные для перемещения по труднопроходимой местности или местности с неопределенным типом поверхности. При передвижении по непригодной поверхности принцип шагания позволяет выбирать при каждом шаге место, наиболее удобное, чтобы ступить ногой. Достоинством шагающих машин, является минимальные затраты энергии при передвижении по мягкой почве и песку [1].

К недостаткам шагающих машин относятся: прерывистое и сложное движение ноги шагающего робота относительно корпуса, в то время как колеса и гусеницы машин движутся непрерывно и равномерно [2]; низкая скорость передвижения по ровной поверхности; сложная конструкция ноги шагающей машины, содержащей несколько подвижных сочленений, каждое из которых нуждается в независимом приводе [3].

Для того чтобы какое-либо тело при шагающем движении находилось в устойчивом положении, в общем случае необходимо, чтобы оно имело опору по крайней мере в трех точках. Следовательно, чтобы шагающий аппарат был устойчивым, ему необходимы по крайней мере три ноги. Вместе с тем человек пользуется при ходьбе двумя ногами и обладает достаточно большой устойчивостью. Более того, при необходимости он способен перемещаться даже на одной ноге — прыжками. Относительно легко сделать устойчивым как в неподвижном состоянии, так и в процессе движения робот с четырьмя ногами. Тем не менее даже в этом случае для обеспечения статической устойчивости движущегося робота в процессе управления требуется решать два не совсем простых вопроса: в какую сторону должен перемещаться центр тяжести шагающего аппарата в данный момент времени и по какому закону должно происходить изменение скоростей свободных ног и опорных конечностей манипулятора? Явное управление изменением направления перемещения центра тяжести после каждого шага робота приводит к тому, что на малых скоростях четвероногий робот в отличие от животных передвигается неестественной рыскающей из стороны в сторону походкой. В этом заключается один из недостатков конструкции мобильных роботов с четырьмя ногами [2].

Для сохранения шагающим аппаратом статической устойчивости при движении необходимо, чтобы в каждый момент времени в одном положении находилось не менее трех ног. Поэтому число шесть является минимальным количеством ног, с помощью которых шагающий аппарат может поддерживать статическую устойчивость без принудительного смещения положения центра тяжести после поднятия или опускания любой ноги. Справедливость подобного утверждения демонстрируется с помощью диаграмм ходьбы шестиногого аппарата, приведенных на рис. 1.

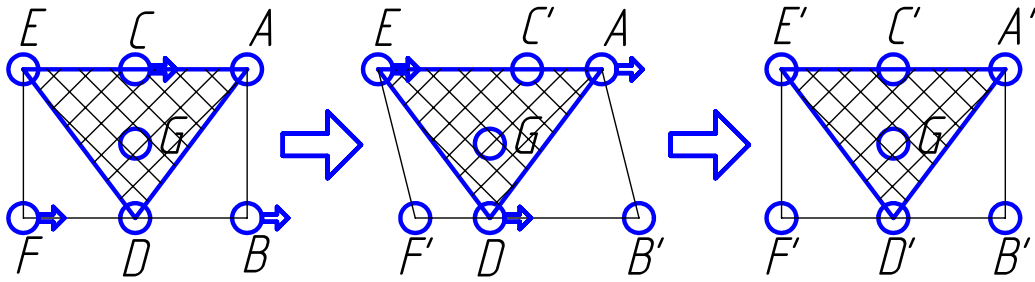


Рис. 1. Схема движения шагающего аппарата с шестью конечностями

Предположим, что в начальном состоянии аппарат опирается на три ноги A, D и E (центр тяжести  $G$  — внутри треугольника ADE), а три другие ноги B, C и F из свободного состояния перемещаются в новое опорное положение — точки B', C' и F' соответственно. Тогда по окончании движения ног B, C и F центр тяжести окажется внутри треугольника B'C'F', а ноги A, D и E перейдут в свободное положение и начнут перемещаться в точки A', D' и E'. В процессе ходьбы два описанных состояния будут чередоваться, однако в любом случае центр тяжести останется внутри заштрихованной области, в результате чего сохраняется статическая устойчивость.

Если механизм крепления ног к корпусу допускает движения не только прямо вперед (или прямо назад), то шестиногий робот сможет перемещаться в любую сторону. Поскольку работа ног при этом будет осуществляться в той же последовательности, что и при ходьбе только прямо вперед, статическая устойчивость сохранится. Более того, если имеется возможность изменять скорость движения каждой из ног, то законы изменения этих скоростей можно подобрать таким образом, чтобы статическая устойчивость обеспечивалась даже при движении четвероногого шагающего аппарата [4].

Движения, совершаемые любой из ног при чередовании опорного и свободного положений в процессе ходьбы, можно упрощенно разделить на фазу поступательного перемещения и фазу восстановления. В простейшем случае переход от первой фазы ко второй может осуществляться за счет движений ноги вверх-вниз строго по вертикали (рис. 2, а). Однако энергия шагающего аппарата будет расходоваться более эффективно, если в течение фазы восстановления нога будет перемещаться по некоторой кривой. Одна из возможных форм криволинейной траектории восстановления показана на рис. 2, б).

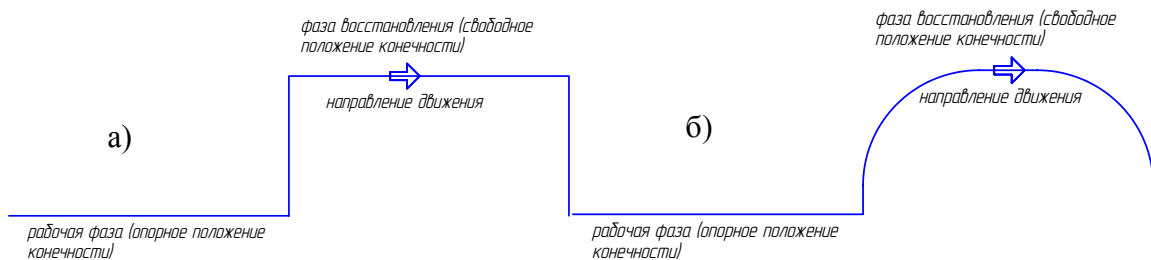


Рис. 2. Идеализированный (а) и эффективный (б) циклы перемещения стопы робота при движении шагающего аппарата.

По какой бы траектории ни двигалась нога в фазе восстановления для выполнения шага она должна обладать, по крайней мере двумя степенями подвижности: подниматься вверх-вниз по вертикали и покачиваться вперед-назад по горизонтали. Правда, в исключительных случаях, удастся обойтись механизмами с

одной степенью подвижности. Например, было разработано несколько конструкций, в которых имитирующее шаг движение осуществляется путем простого поворота [2].

При рассуждении о том, каким минимальным числом степеней подвижности должна обладать каждая нога шагающего аппарата, неявно предполагалось, что корпус робота перемещается строго прямолинейно. Как оказалось, справедливо и обратное утверждение, т. е. если каждая нога робота располагает только двумя степенями подвижности, а его корпус не имеет специального механизма для изменения ориентации в пространстве, то такой робот может двигаться только в прямолинейном направлении. Для изменения направления движения робота только за счет работы ног необходимо, чтобы каждая его нога обладала по крайней мере тремя степенями подвижности.

Рассмотрим два варианта конструкции ног шестиногого шагающего робота (рис. 3). Такая конструкция робота представляет из себя шестиногого симметричного шагающего робота с двумя двигателями на каждую ногу и тремя двигателями на каждую ногу. Ноги обладают двумя и тремя степенями подвижности соответственно (рис. 4). Шарнирное соединение ног реализуется плоской кинематической парой 5-го класса.

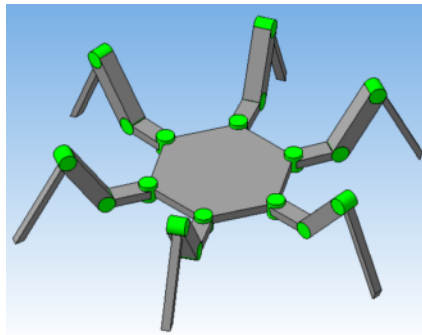


Рис. 3. Схема симметричного шестиногого робота

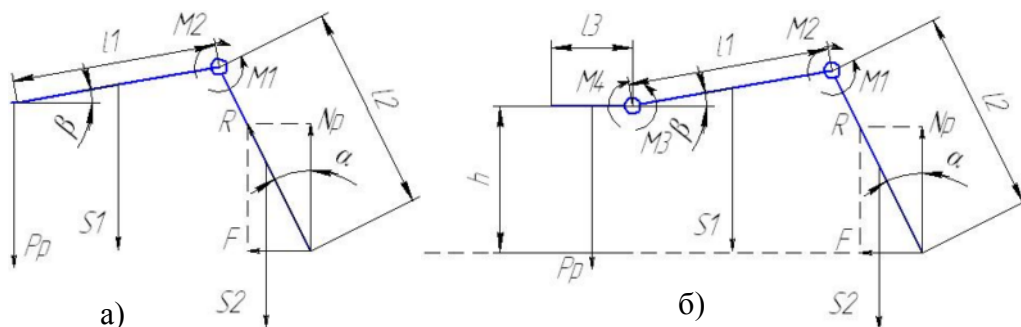


Рис. 4. Варианты конструкции ног:

а) с двумя двигателями; б) с тремя двигателями

В качестве исходных данных принято:

- все силы, действующие на каждую ногу, равны между собой и сила тяжести корпуса равномерно распределена между ними;
- для равновесия принимаем симметрию одной стороны, относительно другой;
- сила тяжести, приходящаяся на одну ногу робота  $P_p = P_{\text{общ}} / 3$ ;
- между ступней робота и опорной поверхностью возникает сухое трение;

- вес звеньев учитывается без веса двигателей.

Коэффициент трения скольжения стали по стали составляет  $\tan \alpha = f = 0,15$  или  $\alpha \approx 8,5^\circ$ . Это означает, что в пределах конуса этого угла (описанный предельной силой реакции опоры  $R$  вокруг нормальной реакции опоры  $N_p$ ), нет необходимости прилагать какой-либо момент со стороны двигателя  $M_2$ .

Внешний момент двигателя для схемы на рис. 5 определяется по формуле (при  $\alpha > 8,5^\circ$ ):

$$M_2 + S_2 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{l_2}{2} + F \cdot \cos \alpha \cdot l_2 = M_1 \quad (1)$$

Для робота LAURON III [5] вес со всеми компонентами составляет  $P_{\text{общ}} = 18 \text{ кг}$ . Принимаем  $l_1 = 50 \text{ мм}$ ,  $l_2 = 200 \text{ мм}$ ,  $d_1 = 10 \text{ мм}$ ,  $d_2 = 10 \text{ мм}$ ,  $\alpha = 15^\circ$ ,  $\beta = 30^\circ$ ,  $S_1 = 0,031 \text{ кг}$ ,  $S_2 = 0,123 \text{ кг}$ ,  $f = 0,15$ .

Исходя из полученных теоретических расчетов можно сделать выводы о конструкции ноги с двумя двигателями (рис. 4,а):

- такая конструкция робота предопределяет заранее его высоту корпуса, а соответственно и характеристики проходимости, если звено  $l_2$  будет находиться в конусе угла трения;

- для разных коэффициентов трения (видов поверхностей), конус угла трения будет разный. Если звено  $l_2$  будет направлено под углом большим, чем допустимый, то со стороны двигателя должен быть приложен момент для удержания конструкции в статическом положении. Максимальная величина этого момента будет в 50 раз больше, чем необходимо для удержания этой ноги в положении в воздухе, и в 100 раз больше, когда остальные 3 ноги будут находиться в воздухе;

- угол  $\beta$  не влияет на величину момента, а поэтому принимается конструктивно, чтобы способствовать заданным условиям высоты корпуса или проходимости.

Для конструкции ноги с тремя двигателями будет справедливо (рис. 4,б):

- если угол  $\alpha$  не будет превышать угол трения, то схема будет находиться в статическом равновесии даже без моментов  $M_2$  и  $M_3$ ;

- при превышении угла  $\alpha$  угла трения, для удержания конструкции необходимо прикладывать момент только со стороны первого двигателя  $M_2$ ;

- статически устойчивое положение при не прочной конструкции может дать усадку, что может существенно сказаться на проходимости;

- в положении, когда нога поднята, необходимо уже поддерживать её двумя моментами от двух двигателей значит, энергетический расход будет в 2,58 раз больше, чем в варианте первой конструкции;

- расход энергии второй конструкции будет бóльшим если учитывать вес двигателей.

Таким образом, схема конструкции ноги с тремя двигателями является более рациональной для условий наилучшей проходимости. Она может реализовывать более сложные виды походок, сокращает время на изменение направления движения всего робота. Такая схема конструкции ног робота позволяет изменять высоту корпуса и является более универсальной.

**Список литературы:** 1. А.Е. Кобринский. Вот они – роботы.- М.: Наука, 1972. 2. Э. Накано Введение в робототехнику.- М.: Мир, 1988. 3. М.Л. Жмылевская, Б.В. Гришин. Мобильные и подвижные роботы, используемые в немашиностроительных отраслях - М.: ВНИИ-ТЭМР, 1991. 4. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника: Пер. с англ. – М.; Мир, 1989. 5. LAURON III <http://www.fzi.de/ids/>



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО РОБОТА MINDSTROMS NXT В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Князев Я.И., Перекопский С.П., Плетенец А.В., Чвала И.А., Горобец И.А. (каф. ТМ, ДонНТУ, г.Донецк, Украина)

Совсем недавно робототехника существовала лишь на страницах научно-фантастических романов. Но на сегодняшний момент она является одной из движущих сил, которая определяет прогресс во многих областях, таких как автоматизация производства, космос, медицина, и т.д. [1]. Значительную роль в процессе обучения играют возможность получения не только теоретических знаний конструирования и программирования робототехнических устройств, но и практических навыков, что особенно актуально для студентов специализации «Мехатроника». Это возможно реализовать с помощью различных симуляторов. Одним из таких симуляторов является конструктор LEGO MINDSTROMS NXT, в комплект которого входят необходимые детали для создания полноценного робота (рис.1) [2].



Рис. 1. Основные компоненты управления конструктора MINDSTROMS NXT

Управление современным роботом производится центральным контроллером, который постоянно получает информацию об окружающем мире и исходя из этого, на основе управляющей программы, вырабатывает план своего поведения. Информация поступает от сенсоров (осязания, расстояния, света, звука и т.д.). Контроллер обрабатывает информацию, полученную от сенсоров, а затем принимает решение о том или ином действии. Все действия выполняются с помощью приводов. Они обычно представляют собой некие двигатели, подсоединенные к устройствам - исполнительным органам (эффекторам). Примерами эффекторов могут быть колеса или грейферы.

Продукт MINDSTROMS NXT состоит из следующих компонентов (рис.1):

1 - **интеллектуальный блок NXT** – это разумная, контролируемая компьютером деталь конструктора LEGO, которая может заставить робот MINDSTORMS выполнять разнообразные действия. NXT - 32-разрядный блок, который имеет в своем составе беспроводный коммуникационный порт Bluetooth и порт USB. Программируемый матричный дисплей, 4 входа, 3 выхода, 6 проводная цифровая платформа. Громкоговоритель на 8 кГц. Множество предопределенных программных команд могут быть использованы непосредственно в блоке. Более сложное программирование требует использования программного обеспечения 2000077.

2 - **Датчик прикосновения** - позволяет определять давление. Он также может считать единичные и множественные касания.

3 - **Датчик звука** - может измерять уровень шума в Дб и ДбА. Он также распознавать образцы звука и определять различия в тонах.

4 - **Датчик света** - может определять степень освещенности в комнате. Также с его помощью можно измерять интенсивность света в цвете (упорядочивание по шкале серого).

5 - **Ультразвуковой датчик** - может обнаруживать объект и измерять его близость в дюймах или сантиметрах.

6 - **Интерактивный сервомотор** имеет встроенный датчик вращения, который измеряет скорость, расстояние и передает сообщения обратно в NXT. Это позволяет контролировать вращения мотора с точностью до одного градуса. Несколько моторов могут быть синхронизированы, чтобы вращаться с одной скоростью.

Также в комплектацию конструктора входит набор шестерен, передаточных механизмов и блоков для создания робота. Модели из конструктора имеют возможность двигаться в разные стороны, поворачиваться, двигаться назад и выполнять при этом какую-либо работу. Все эти компоненты конструктора позволяют создать антропоморфных и параллельных роботов, катапульты, машины, вездеходы и т.д. (рис.1) [3].



Рис. 2. Модели роботов на основе конструктора MINDSTROMS NXT

При программировании робота можно воспользоваться стандартным программным пакетом, для этого требуется нарисовать последовательность иконок, которые будут соответствовать различным действиям робота. Элементарные настройки графически оформлены и понятны. Например, возможна настройка двигателя на определенное число оборотов, угол поворота и время работы.

Таким образом, студенты специализации «Мехатроника» могут использовать инструментарий LEGO MINDSTROMS для изучения курсов «Робототехника», «Сенсоры и измерительная техника». Современная программируемая робототехника MINDSTROMS NXT предоставляет возможность познакомиться с новейшими и современнейшими возможностями роботостроения. Это позволяет студентам использовать знания, полученные из курсов «Программирование технического оборудования» и «Промышленные системы управления», для целенаправленного программирования собранных конструкций роботов. Использование симуляторов LEGO MINDSTROMS позволяет применять полученные теоретические знания в области конструирования и программирования роботов на практике.

**Список литературы:** 1. <http://robo.com.ua>. 2. <http://lego.com> 3. <http://roboforum.ru>

## ОСОБЕННОСТИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Коссаk Т.М. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)

В зависимости от условий производства и назначения применяют различные технологические процессы непрерывного действия. Вид технологического процесса определяется количеством операций охватываемых процессом и номенклатурностью выпуска изделия.

Вместе с тем, проектирование технологических процессов должно основываться на перспективных высокоэффективных процессах непрерывного действия, которые соответствуют современным достижениям науки и техники.

При этом они должны ориентироваться на комплексные технологические процессы, в состав которых включены не только технологические операции, но и операции по перемещению, контролю, ориентации, базирования, закрепления, консервации и упаковке готовых изделий.

Основная особенность проектирования технологических процессов непрерывного действия заключается в том, что они состоят из отдельных под процессов  $U = \{1, 2, 3, \dots, n\}$  (рис. 1), при этом обычно каждый из этих подпроцессов включает множество различных операций и действий, объединяемых этим под процессом и реализуемых в одном конкретном ППТМ непрерывного действия,

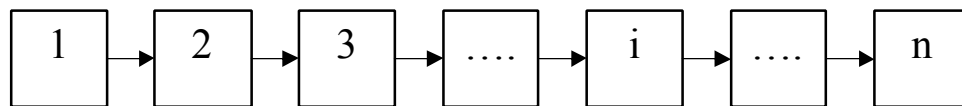


Рис.1. Структурная схема технологического процесса непрерывного действия

причем технологические процессы непрерывного действия имеют малую длительность изготовления изделия благодаря непрерывности процесса и быстрой их передачи от модуля к модулю, за счет которых транспортных межмодульных циклов.

Разработка технологического процесса непрерывного действия, предназначенного для изготовления большого множества изделия в условиях массового производства, обычно сложный процесс. Она имеет целью дать подробное описание алгоритма изготовления ПО с необходимыми технико-экономическими показателями и обоснованием принятого варианта возможного технического решения.

Техническая проработка определяет необходимые средства производства для выпуска ПО, трудоемкость и себестоимость их изготовления.

Все это служит основой для организации снабжения основными и вспомогательными матрицами, календарного планирования, технического контроля, инструментального и транспортного

обеспечения , а также для определения производственных объемов и площадей , потребных энергетических ресурсов и рабочей силы,

Специфика разработки технологических процессов непрерывного действия состоит, прежде всего, в большой глубине проработки и более строгом обосновании принятого варианта технологического процесса.

Автоматизация производственных процессов связана с большим капитальным затратами, поэтому все технологические и конструкторские решения должны быть обоснованы технико-экономическими расчетами.

В основу автоматизированного технологического процесса непрерывного действия следует закладывать прогрессивную технологию, обеспечивающую получение качественно новой совокупности свойств и меры полезности выпускаемых изделий.

При этом необходимо обеспечить равную или кратную производительность подпроцессов на отдельных позициях ППТМ, жестко подчиненных такту выпуска изделия, причем во всех случаях необходимо вести пространственную проработку принимаемых решений.

К проблеме определения структуры технологического процесса непрерывного действия относится выбор, как количества подпроцессов, так и последовательности выполнения этих подпроцессов.

Эти вопросы решаются в каждом конкретном случае из условия особенностей технологии изготовления конкретного ПО и непрерывности процесса в условиях автоматизированного производства.

Особенностями проектирования подпроцессов непрерывного действия заключается в многовариантности выбора структурного решения. Это связано с тем, что данные подпроцессы имеют сложную структуру, строение и связи между технологическими элементами, свойственные только этому классу подпроцессов.

В заключении можно отметить, что основным итогом исследования настоящего раздела является разработка основ многоуровневого моделирования и проектирования высокоэффективных технологических процессов непрерывного действия.

**Список литературы:** 1. Михайлов А. Н. Разработка методов проектирования высокоэффективных поточно-пространственных технологических систем. Автореферат дис. на соис...докт. техн. наук.- Киев: КПИ, 1992.-33с. 2. Клусов И.А , Корнюхи И.Ф., Пашин А.А. К вопросу выбора схемы привода автоматических роторных линий штамповочного производства ,Кузнечно-штамповочное пр-во, 1986, № 12. С. 27-28.

## РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВО - СТРУКТУРНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ СКЛАДАННЯ ДЕТАЛЕЙ

Лефаров Д.В., Кульбіда О.О. (каф. ТМ, ДонНТУ, м. Донецьк, Україна)

Процес складання являє собою дуже складне явище як саме процес, так і з точки зору опису його кінематики, складання схем та моделей здійснення впливу та поведінки складаємих елементів [1].

Розглядаючи процес складання, можна відзначити, що, як і для обробки, для складання справедлива модель технологічних впливів. Процес технологічного впливу, тобто складання, обумовлює вид і стан технологічної системи, що є частиною принципово-структурної моделі (ПСМ). Цей зв'язок обернений - технологічна система впливає на процес за допомогою потоків технологічного впливу, зміст яких залежить від виду технологічних впливів, які здійснюються у процесі. (див. рис. 1)

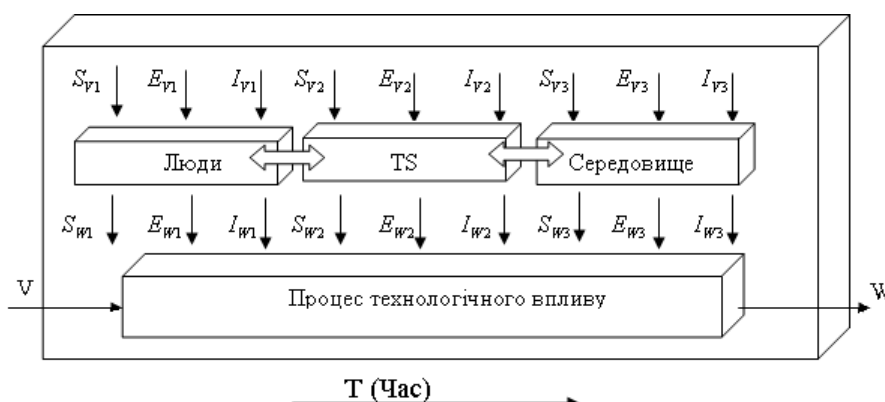


Рис. 1. Модель системи технологічних впливів

Під матеріальним потоком  $S$  розуміють деталі, складальні одиниці, інструмент, устаткування, пристосування й інші матеріальні засоби, використовувані при складанні. Під інформаційним потоком  $I$  розуміють технологічний процес складання, технічні умови на приймання й іспит виробів, складальні розмірні ланцюги, розмірні креслення складань, загальні види складальних одиниць, технологічні схеми загального складання, інформація про наявність і стан устаткування, про наявність оснастки, інструмента, виконавців і ін.. Під енергетичним потоком  $E$  розуміють усі види енергії, використовувані у виробництві.

Для розробки принципово-структурної моделі складання виробу нам необхідно мати дані про всі три приведені вище потоки. Розробка принципово-структурної моделі складання проводиться в декілька етапів:

1. Декомпозиція виробу на окремі складові частини, розгляд їхньої геометрії, вимог до складання. Мається на увазі, що при розгляді геометрії увага буде приділятися поверхням, які є базуючими при складанні, а також поверхням по яким будуть сполучатися деталі. (див. рис.2 – з'єднання 1, ... з'єднання і.)

2. Розгляд можливих варіантів складання кожного з'єднання, упорядкування множини кінематичних схем для кожного виду складання. (див. рис. 2 – Всіj, Кi)

3. Вибір методу складання і кінематичної схеми для кожного з'єднання, тобто синтез принципово-структурних моделей складання окремих з'єднань. Вибір обумовлен вимогами до виробу, можливостями підприємства, вимогами до

розташування обладнання, фантазією конструктора та іншими особливостями. (див. рис. 2 – ПСМ i) [1, 2, 3]

4. Синтез єдиної принципово-структурної моделі складання виробу з отриманих раніше моделей складання окремих з'єднань. (див. рис. 2 – ПСМ вироб)

Вибір послідовності і виду складання того або іншого з'єднання буде обумовлений вимогами, запропонованими до цього з'єднання і можливостями ділянки або цеху, де буде відбуватися складання.

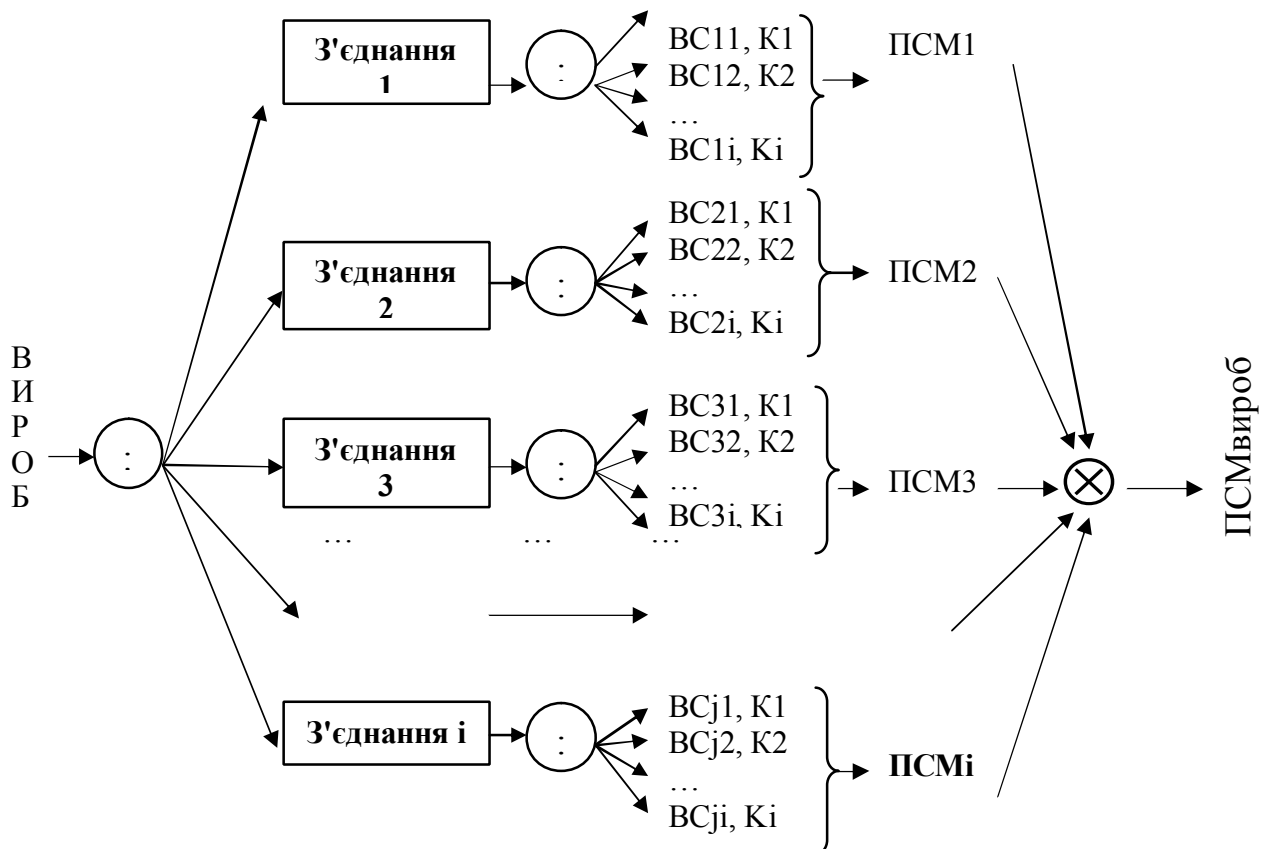


Рис. 2. Принципово - структурна модель складання виробу: ВЗji -і-ий вид складання j-ого з'єднання; Ki - i-а кінематична схема j-ого з'єднання; ПСМj - принципово - структурна модель складання j-ого з'єднання; ПСМвироб - принципово - структурна модель складання виробу.

Таким чином представлена модель може облегшити процес складання технологічних процесів складання виробів та може бути покладена у основу розробки програм САПР для обчислювальної техніки.

**Перелік посилань:** 1. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с. 2. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении. – К.: Вища шк. Головне изд-во, 1985. – 255 с. 3. Автоматические роторные линии/ И.А. Клусов, Н.В. Волков, В.И. Золотухин и др. - М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.