

УДК 621.791.039

# РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДУЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СБОРОЧНО- СВАРОЧНОЙ ОСНАСТКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

К.т.н. В.И. Роменский, к.т.н. И.О. Яшков, к.т.н. Е.В. Фомовская, Харьковский национальный университет радиоэлектроники

*Рассмотрены способы разработки переналаживаемой механизированной оснастки для гибких производственных систем. Разработана параметрическая модель, описывающая ход выполнения технологической операции по изготовлению сварных конструкций с применением универсально-сборных приспособлений для сборочно-сварочных работ.*

*Розглянуто способи розробки переналагоджувальної механізованої оснастки для гнучких виробничих систем. Розроблено параметрична модель, що описує хід виконання технологічної операції з виготовлення сварних конструкцій із застосуванням універсально-збірних пристосувань для складально-зварювальних робіт*

*The methods of readjusted mechanized equipment development for flexible production systems have been considered. The parametric model that describes implementation progress of technological operation of welding constructions' making, using universally-assembled devices for assembly-welding operations, has been developed.*

**Ключевые слова:** универсальные сборно-разборные приспособления, компоновки, оснастка, граф декомпозиции.

## Введение

Современный период развития таких видов промышленности как радиоэлектронная, космическая, вычислительная, телекоммуникационная, банковская и другие в Украине характеризуется переходом на рыночные методы хозяйствования, повышением спроса на конкурентоспособную и ликвидную продукцию, систематическим и быстрым внедрением технически новых приборов и систем, повышением качества выпускаемой продукции, увеличением производительности труда, автоматизацией производства при одновременном сокращении численности работающих.

Непрерывное повышение требований, предъявляемых к рабочим параметрам изделий, конструктивное изменение форм и размеров деталей и одновременно ускорение темпов освоения производства новых более современных конструкций приборов, технологической оснастки приводит к росту объема работ и затрат на технологическую подготовку производства.

Наиболее значительными оказываются затраты на проектирование и изготовление технологической оснастки, в том числе и в сварочном производстве изделий радиоэлектронного приборостроения.

Применение оснастки исключает ошибки, зависящие от индивидуальных особенностей

квалификации и навыков рабочего. Кроме этого, облегчается труд рабочих и создаются предпосылки для механизации и автоматизации производственного процесса.

Стремление увеличить оснащённость производства изделий радиоэлектронного приборостроения с целью повышения производительности труда, улучшение качества выпускаемых изделий, наталкивается на ограничения, вызванные значительной трудоёмкостью и длительностью проектирования и изготовления специальной технологической оснастки. Это и привело к созданию достаточно распространённых и эффективных систем обратной стандартной технологической оснастки, к которой относятся и универсально-сборные приспособления для сборочно-сварочных работ (УСПС) [1]. Применение УСПС даёт значительный экономический эффект по двум направлениям: во-первых, существенно сокращается цикл технологического оснащения на предприятии, а, во-вторых, происходит ощутимое снижение затрат на технологическую оснастку.

Особенности технологической подготовки производства сварочных изделий при применении УСПС заключается в том, что предприятию вместо изготовления специальной сборочно-сварочной оснастки или сборки по разметке достаточно иметь набор (комплект) стандартных деталей и сборочных единиц, приспособлений. При необходимости из них собирают компоновки (приспособления) для изготовления различных по геометрической форме и габаритными размерами сварочных изделий [2]. После этого УСПС разбирается на отдельные элементы, используемые в дальнейшем для сборки новых компоновок.

Отличительными особенностями конструкций стандартных элементов УСПС являются:

- возможность компоновки приспособлений для сборки сварных изделий различных классов;
- наличие быстродействующих зажимных устройств (эксцентриковых, рычажно-эксцентриковых, байонетных);
- наличие специального защитного покрытия, предохраняющего поверхности элементов УСПС от истирающих воздействий и брызг металла при сварке [3,4].

Конструкции элементов УСПС, их габаритные и присоединительные размеры, допуски на изготовление, чистота поверхности назначаются с учётом взаимозаменяемости и собираемости элементов в

различных комбинациях между собой без натягов и пригонки.

В силу универсальности элементов УСПС из них могут быть собраны компоновки для сборки изделий различных как по форме, так и по габаритам.

Компоновки УСПС могут быть использованы при полуавтоматической и автоматической сварке чёрных и цветных металлов в среде углекислого и инертных газов, автоматической и полуавтоматической сварке под флюсом, контактной и ручной дуговой сварке.

По своему функциональному назначению детали и сборочные единицы УСПС разделяются на следующие группы: базовые, опорно-корпусные, фиксирующие, установочно-направляющие, прижимные и крепёжные элементы.

Сегодня существует актуальная задача разработки системы автоматизированного проектирования (САПР) приспособлений для сборки сварных конструкций на базе УСПС.

Анализ существующих САПР приспособлений для сборки под сварку изделий радиоэлектронного приборостроения показал, что такие системы имеют один из недостатков – это ориентирование на проектирование под конкретное изделие (сварочный узел).

Для решения поставленной задачи проведен анализ существующих сварных конструкций на различных приборостроительных и машиностроительных предприятиях. Данный анализ приведен в табл.1. Для сборки и сварки данных конструкций разработаны стандартизированные элементы УСПС, которые по своему функциональному назначению были разделены на определенные группы с указанием шифра кода, представленные в табл. 2.

На рис.1 представлен фрагмент графа декомпозиции сварных конструкций, применительно к изделиям радиоэлектронной и машиностроительной промышленности, с указанием определённого шифра.

Для основных видов сварных конструкций разработаны типовые компоновки (приспособления) сборки, прихватки и сварки (при необходимости) изделия. На рис. 2 представлена в качестве примера компоновка для сборки плоской рамы. Такие типовые конструкции были разработаны для всех представителей сварных конструкций (с определённой формой и габаритными размерами). Типовые конструкции были введены в базу данных системы автоматизированного проектирования сборочно-сварочной оснастки.



Рис. 1. Фрагмент графа декомпозиции сварных конструкций

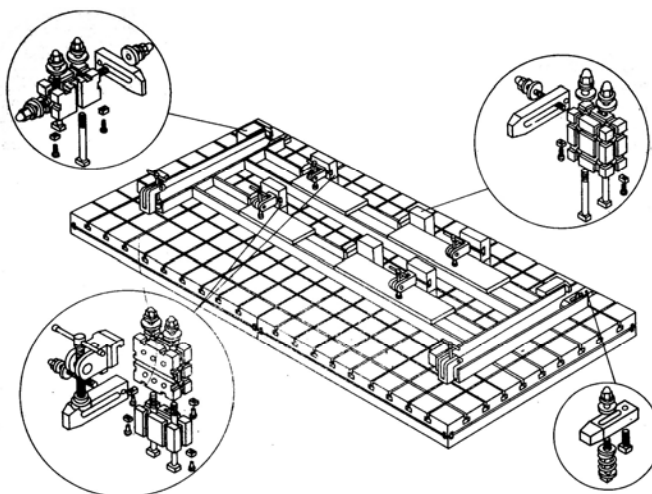


Рис. 2. Общий вид компоновки УСПС для сборки рамной конструкции

В качестве элементов сварной конструкции применены: швеллер №10 длиной 860 мм (2 шт); швеллер №10 длиной 1800 мм (2 шт); лист 100 x 250 x10 мм (2 шт); лист 100 x 600 x 10 мм (2шт).

В качестве элементов в приспособлении использованы: базовые плиты 1200 x1200 x120 мм (2 шт); подкладки 60 x 120 x 40 мм (6 шт); опоры 60 x120 x120 мм (4 шт); прижимы (узел) 6 шт; прихваты 6 шт; крепёжные детали (болты, гайки, шайбы, пружины и др.).

Для создания графа компоновки УСПС на основе стандартных элементов необходимо разработать технологический процесс, конструкторскую и технологическую документацию.

В конструкторскую часть входит разработка: общего вида изделия, сборочных единиц деталей, технических условий и т.д.

Технологическая часть состоит из разработки технологии изготовления сварного изделия, сборки приспособления, установки, фиксации и закрепления элементов сварной конструкции, контроля размеров согласно чертежа; прихватки (полуавтоматическая сварка в среде CO<sub>2</sub>); контроль размеров и формы; извлечения изделия из приспособления; окончательная сварка (автоматическая или полуавтоматическая сварка); контроль размеров; термическая обработка; контроль размеров; рихтовка (по необходимости).

Предлагается следующая структура декомпозиции конструкции (рис.3).

На базе разработанного графа декомпозиции изготовления сварной конструкции типа «Рама» представим в виде параметрической модели с точки зрения создания технологической оснастки.

Параметрическая модель разработки конструкторской документации (КД) имеет вид:

$$КД = < КД_{рч}, КД_{тд} >, \quad (1)$$

где КД<sub>рч</sub> – разработка рабочих чертежей; КД<sub>тд</sub> – разработка технологической документации.

Параметрическая модель для разработки технологических процессов (ТП) имеет вид:

$$ТП = < ТП_3, ТП_{СК} >, \quad (2)$$

где ТП<sub>3</sub> – ТП изготовления заготовок; ТП<sub>СК</sub> – разработка (определение) схемы компоновки для сварной конструкции типа «Рама».

Параметрическая модель для изготовления заготовок имеет вид:

$$ТП_3 = < ТП_{ш1}, ТП_{ш2}, ТП_{л1}, ТП_{л2} >, \quad (3)$$

где ТП<sub>ш1</sub> – швеллер №10 длиной 860 мм, 2 шт; ТП<sub>ш2</sub> – швеллер №10 длиной 1800 мм, 2 шт; ТП<sub>л1</sub> – лист 250 x 100 x 10 мм, 2 шт; ТП<sub>л2</sub> – лист 600 x 100 x 10 мм, 2 шт.

Параметрическая модель схемы компоновки УСПС имеет вид:

$$ТП_{СК} = < СК_э, СК_т >, \quad (4)$$

где СК<sub>э</sub> – схема компоновки для изделия типа «Рама»; СК<sub>т</sub> – типовые схемы компоновок, находящиеся в базе данных на изделия типа «Рама».

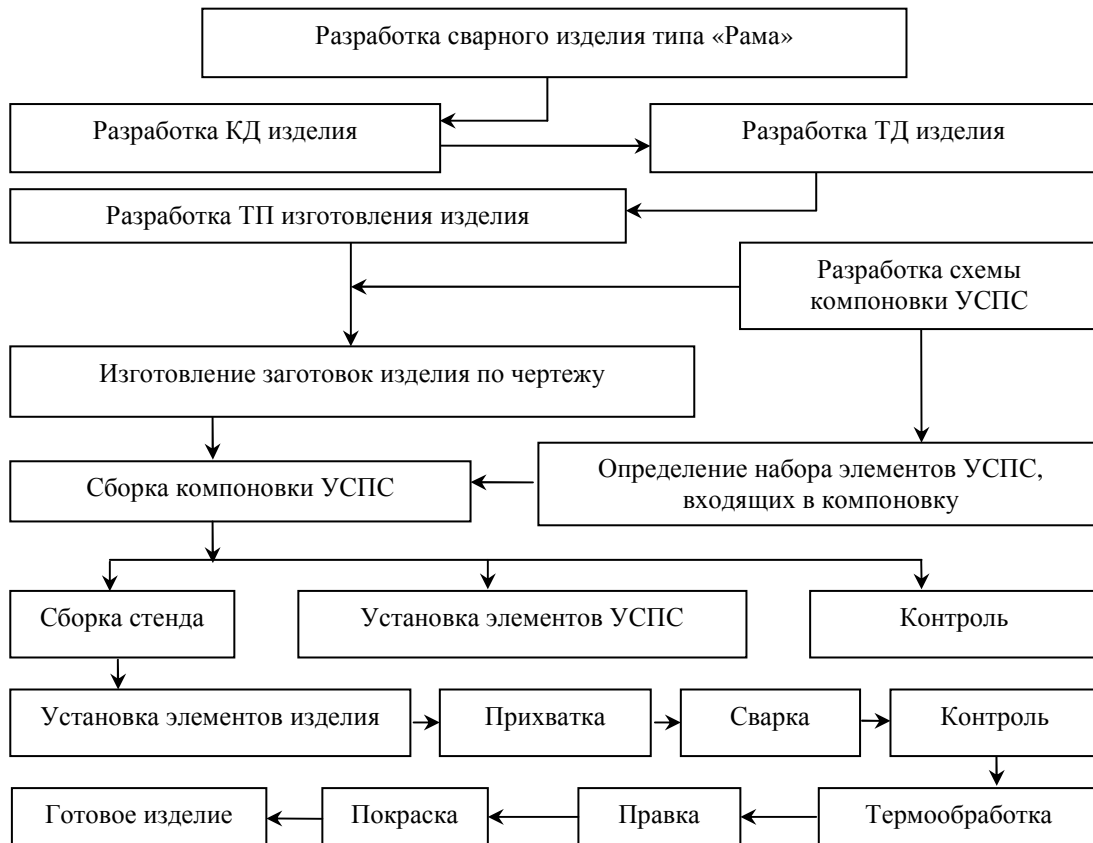


Рис. 3. Структура декомпозиции изготовления сварной конструкции

Параметрическая модель наименований и количества (НК) входящих элементов УСПС в компоновку имеет вид:

$$НК = \langle НК_B, НК_П, НК_О, НК_{ПР1}, НК_{ПР2}, НК_K \rangle, \quad (5)$$

где  $НК_B$  – базовые плиты;  $НК_П$  – прокладки;  $НК_О$  – опоры;  $НК_{ПР1}$  – прижимы;  $НК_{ПР2}$  – прихваты;  $НК_K$  – крепёжные элементы.

Параметрическая модель сборки компоновки (СК) имеет вид:

$$СК = \langle СО_П, УЭ_Э, КЗ_П \rangle, \quad (6)$$

где  $СО_П$  – сборка основания приспособления из базовых плит;  $УЭ_НК$  – установка элементов УСПС из базовых элементов согласно чертежу на изделие;  $КЗ_П$  – контроль размеров в приспособлении.

Параметрическая модель изготовления изделия (ИИ) имеет вид:

$$ИИ = \langle УЭ_И, КЗ_П, ПР_{ИХ}, КЗ_П, СВ_И, КЗ_П, ТО_И, \dots \rangle, \quad (7)$$

$$ПР_{АВ}, КЗ_П, П_{ОКР} >, \quad (7)$$

где  $УЭ_И$  – установка элементов сварной конструкции в приспособление, фиксация и зажим;  $ПР_{ИХ}$  – прихватка сварных деталей;  $СВ_И$  – сварка изделия в приспособлении или отдельно;  $ТО_И$  – термическая обработка изделия;  $ПР_{АВ}$  – правка изделия;  $П_{ОКР}$  – покраска (при необходимости).

Каждое из наименований элементов имеет своё функциональное назначение, определённые формы и габаритные размеры.

На рис. 4 представлен фрагмент графа декомпозиции базовых элементов УСПС.

Виды типовых сварных конструкций представлены в таблице 1.

Классификация стандартных элементов УСПС представлена в таблице 2.

На рис. 5 представлен фрагмент графа декомпозиции элементов УСПС.

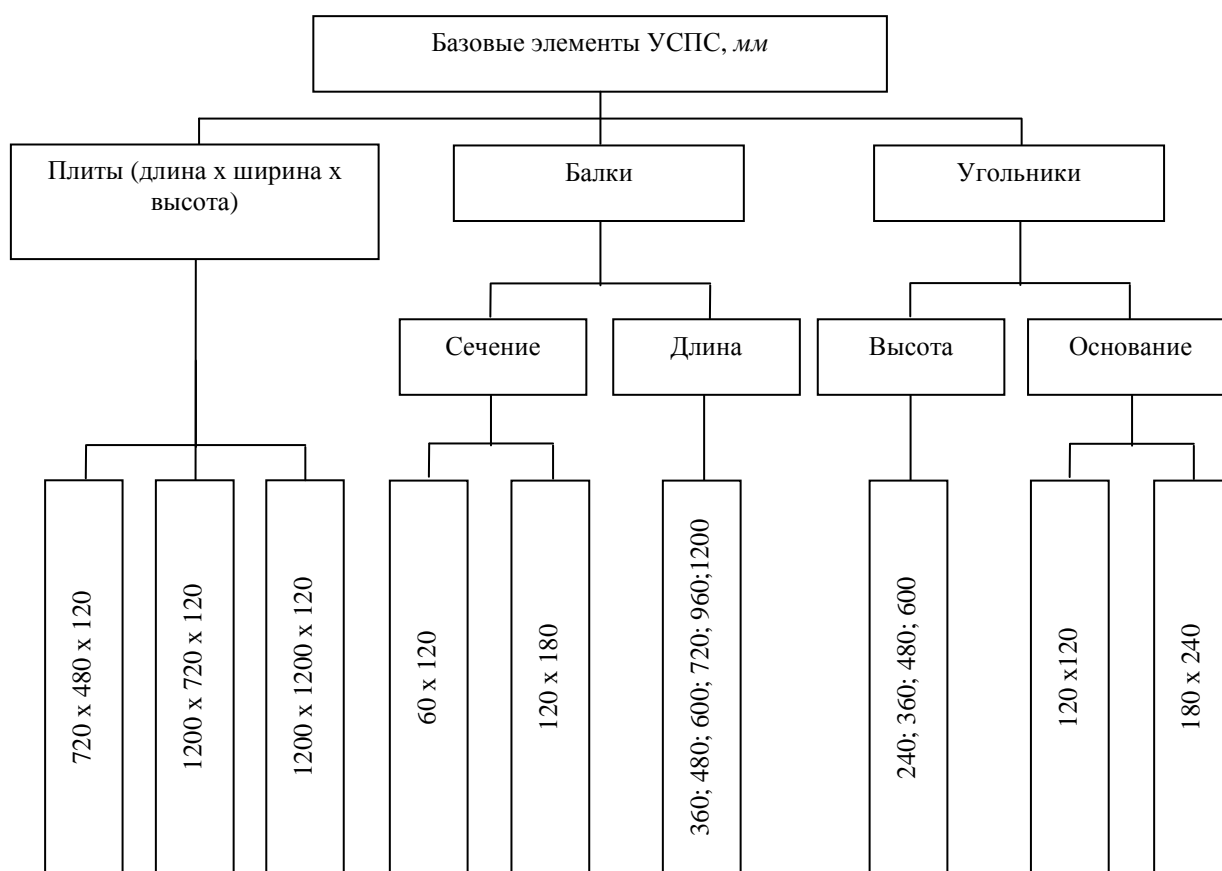


Рис. 4. Фрагмент графа декомпозиции базовых элементов УСПС

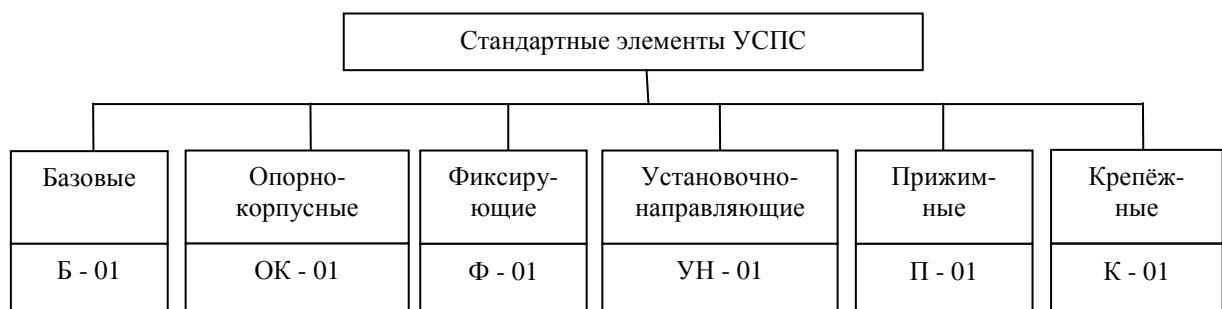
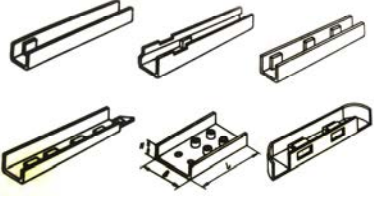
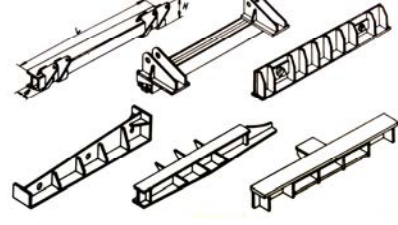
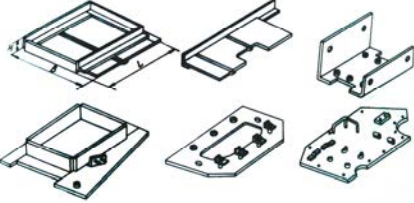
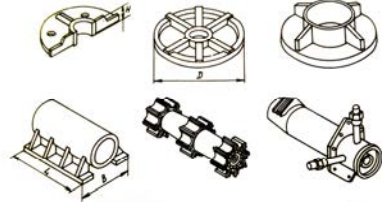
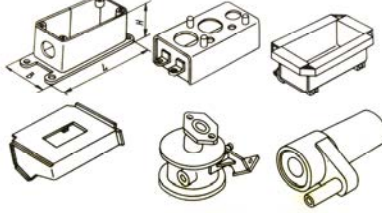
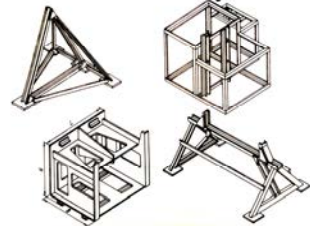
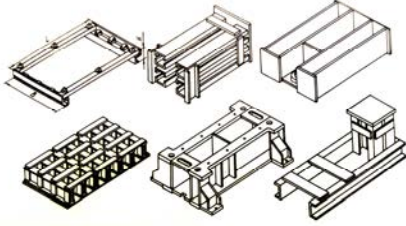
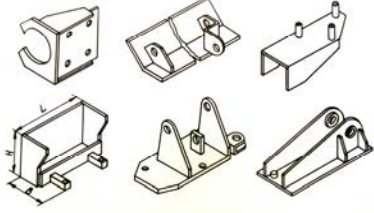
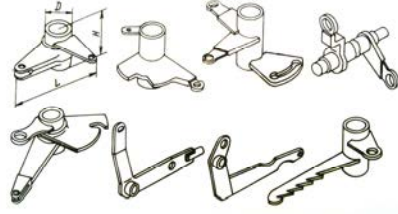

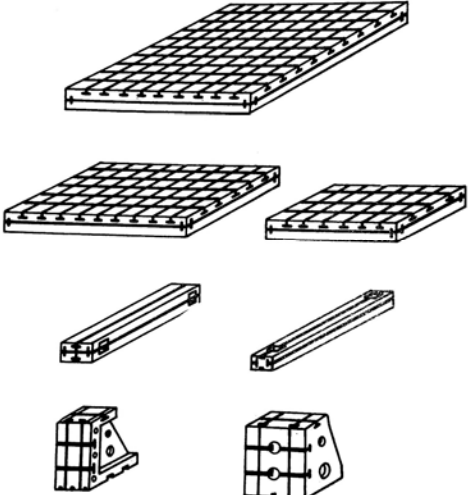
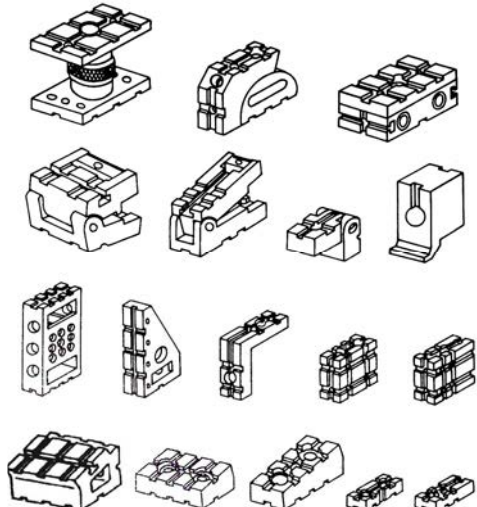
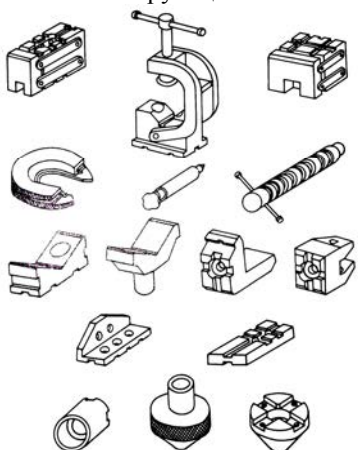
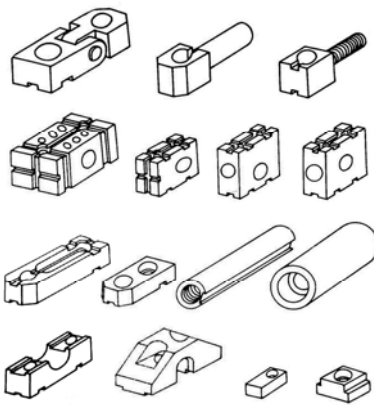
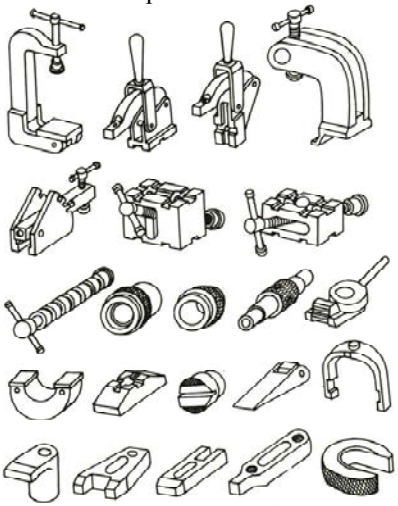
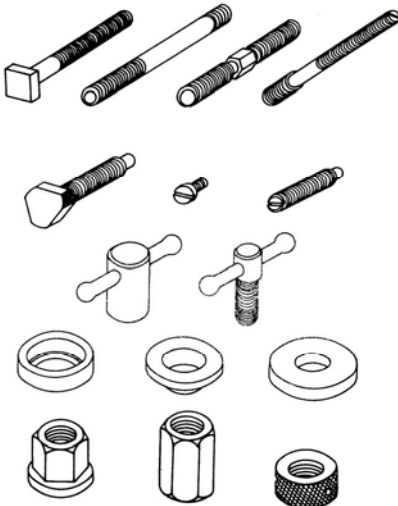


Рис 5. Фрагмент графа декомпозиции элементов УСПС

Виды типовых сварных конструкций

<p>Балки швеллерные</p> 	<p>Балки двутавровые</p> 
<p>Плоские конструкции</p> 	<p>Цилиндрические конструкции</p> 
<p>Коробчатые конструкции</p> 	<p>Каркасные конструкции</p> 
<p>Рамные конструкции</p> 	<p>Кронштейны</p> 
<p>Рычаги</p> 	<p>Тяги</p> 

Классификация стандартных элементов УСПС

<p style="text-align: center;">Базовые</p> 	<p style="text-align: center;">Опорно-корпусные</p> 
<p style="text-align: center;">Фиксирующие</p> 	<p style="text-align: center;">Установочно-направляющие</p> 
<p style="text-align: center;">Прижимные</p> 	<p style="text-align: center;">Крепёжные</p> 

**Выводы.**

В ходе проведенных исследований предложен классификатор типовых сварных конструкций, широко применяемых в приборостроении и машиностроении. Дан перечень стандартных универсально-сборных приспособлений для сборочно-сварочных работ, а также граф декомпозиции приспособлений на основе данных элементов с точки зрения автоматизации проектирования. Граф разбит на основные группы. На базе данного графа разработана параметрическая модель, описывающая ход выполнения технологической операции по изготовлению сварных конструкций с применением УСПС.

Предложенная параметрическая модель является основой для математической модели, которая даст возможность разработать модуль автоматизированного проектирования приспособлений для сборки и сварки сварных конструкций на основе стандартизованного многократного использования деталей и сборочных единиц УСПС.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Подобедов, В.В. Состояние, перспективы и концепция развития сборочно-сварочной оснастки в машиностроении [Текст] / В.В. Подобедов, В.И. Роменский // Резание и инструмент в технологических системах. – 2000. – №58. – С. 34-38.
2. Филатов, Л.С. Разработка и внедрение переналаживаемой технологической оснастки для сборочно-сварочного производства [Текст] / Л.С. Филатов // Резание и инструмент в технологических системах. – 2000. – №58. – С. 63-64.
3. Роменский, В.И. Исследование плотности рассеивания сварочных брызг на рабочие поверхности сборочно-сварочной оснастки при выполнении сварочных операций [Текст] / В.И. Роменский // Вестник НТУУ "ХПИ". – 2000. – №110. – С. 14-18.
4. Спосіб випробування й оцінка якості захисних покрить від дії зварювальних бризок [Текст]: деклараційний патент 46995 А Україна: МПК7 G 01 N 19/06, G 01 N 25/00 / Подобедов В.В., Роменський В.І. та ін.; заявник і патентовласник Державне підприємство «Завод імені В.О. Малишева»; заявл. 03.05.01; опубл. 17.06.02, Бюл. № 6. – 3 с.

УДК 681.3.07

**МЕТОДИ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ**

А.І. Бронніков, Харківський національний університет радіоелектроніки

*Для планування переміщення в програму об'єкта повинен бути закладений алгоритм, за яким приймається рішення щодо планування переміщення. На підставі методу динамічного програмування розроблено підхід для вирішення завдання пошуку оптимального управління, який реалізований програмно.*

*Для планирования перемещения в программу объекта должен быть заложен алгоритм, по которому принимается решение о планировании перемещения. На основании метода динамического программирования разработан подход для решения задачи поиска оптимального управления, который реализован программно.*

*In order to plan the object moving in the program should be laid the algorithm by which the decision on the planning movement is accepted. Based on dynamic programming approach solved the problem of finding of the optimal control, which is implemented in software.*

**Ключові слова:** динамічне програмування, оптимізація переміщення, оптимальне управління, методи оптимального управління

**Введення**

Розроблена достатня кількість математичних методів і алгоритмів для вирішення завдань пошуку оптимального шляху проходження рухомого об'єкту.

Одним з перспективних методів є метод динамічного програмування.

Динамічне програмування – розділ оптимального програмування (оптимального управління), в якому процес прийняття рішення та управління, може бути розбитий на окремі етапи (кроки).

Динамічне програмування дозволяє звести одну складну задачу з багатьма змінними до багатьох задач з малим числом змінних. Це значно скорочує обсяг

обчислень і прискорює процес прийняття управлінського рішення.

Управління – сукупність рішень, прийнятих на кожному етапі для впливу на хід розвитку процесу.

Операція – керований процес, тобто можна вибирати якісь параметри, що впливають на хід процесу і управляти кроками операції, забезпечувати виграти на кожному кроці і в цілому за операцію.

Рішення на кожному кроці називається «кроковим управлінням».

Сукупність усіх крокових управлінь являє собою управління операцією в цілому [1].

**Постановка задачі динамічного програмування**

Потрібно знайти таке управління, при якому вартість вироблених переміщень зверталася б до мінімуму:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m F_i(x_i) \longrightarrow \min \quad (1)$$

де  $F$  – вартість за операцію;

$F_i(x_i)$  – вартість  $i$ -го кроку;

$x$  – управління операцією в цілому;

$x_i$  – управління на  $i$ -му кроці ( $i = 1, 2, \dots, m$ ).

У загальному випадку крокові управління ( $x_1, x_2 \dots x_m$ ) можуть стати числами, векторами, функціями.

Управління ( $x^*$ ), при якому досягається мінімум, називається оптимальним керуванням. Оптимальність управління складається із сукупності оптимальних крокових управлінь  $x^* = x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*$ .

$F^* = \min\{F^*(x^*)\}$  – мінімальна вартість, яка досягається при оптимальному управлінні  $x^*$ .

Виходячи з умов кожного конкретного завдання, довжину кроку вибирають таким чином, щоб на кожному