

ПАО «Нижегородский авиастроительный завод «Сокол»

**«Автоматизация контактной точечной сварки нервюр по хорде внутренней полости бак-конструкции крыла самолета МиГ-29К/КУБ и модификаций»**

Курников Н.А

Черёмушкин Р.А.

Пигалова Е.А.

2015 год

## Содержание

Введение.....	3
1. Описание свариваемого изделия.....	6
2. Описание установки УТС-М:	
2.1. Основные узлы и механизмы.....	9
2.2. Источник питания.....	11
2.3. Система управления.....	12
2.4. Регистрация параметров сварки. Создание паспорта сварки.....	14
2.5. Технологический процесс.....	15
3. Расчет снижения трудоёмкости изготовления бак-конструкции крыла от внедрения установки УТС-М.....	16
Заключение.....	18

## Введение

Во второй половине XX в. произошел переход от машинно-технической революции к научно-технической, которая характеризуется широким использованием наукоемких технологий. В начале третьего тысячелетия сварка является одним из ведущих технологических процессов.

Во многих случаях сварка является единственно возможным или наиболее эффективным способом создания неразъемных соединений конструкционных материалов. Непрерывный рост наукоемкости сварочного производства способствует повышению качества продукции, ее эффективности и конкурентоспособности.

Сегодня сварка применяется для неразъемного соединения широчайшей гаммы металлических, неметаллических и композиционных конструкционных материалов в условиях земной атмосферы, Мирового океана и космоса. Несмотря на непрерывно увеличивающееся применение в сварных конструкциях композитов и полимерных материалов, основными конструкционными материалами остаются стали и сплавы.

Развитие вычислительной техники и удорожание экспериментальных исследований значительно повысили интерес к компьютеризации инженерной деятельности в различных отраслях производства, в том числе в области сварки и родственных технологий (наплавка, пайка, нанесение покрытий, спецэлектрометаллургия). Проводимые работы по этой проблеме в настоящее время можно условно разделить на пять направлений компьютеризации:

- научные исследования;
- проектирование сварных соединений и узлов;
- проектирование технологий;
- управление технологическими процессами;
- контроль сварных конструкций во время эксплуатации.

Отмеченные особенности определяют общую положительную тенденцию роста мирового производства сварных конструкций, динамичного развития мирового и регионального рынков сварочной техники и материалов, а также объемов научных исследований и разработок по совершенствованию сварки и родственных технологий.

Сварка и родственные технологии продолжают активно и всесторонне развиваться. Создаются теоретические и технологические предпосылки изготовления новых изделий в традиционных областях сварочного производства, а также освоения все более широких сфер применения, которые раньше считались «экзотическими».

Одним из наиболее распространенных способов соединения является контактная точечная сварка. Точечная сварка незаменима в автомобиле- и вагоностроении, строительстве, радиоэлектронике. В современных летательных аппаратах насчитываются миллионы сварных точек. Толщина свариваемых деталей — от нескольких десятков микрон до 10 мм.

Контактная сварка получила широкое применение вследствие ее способности в десятые доли секунды создавать высококонцентрированный тепловой нагрев деталей для их соединения. К другим ее достоинствам относятся следующие:

- образование соединения без присадочной проволоки, защитных сред и других вспомогательных материалов;
- простота технологического процесса;
- сварное соединение сопровождается минимальной вынужденной деформацией (в пределах 10%);
- практически отсутствует коробление и зона термического влияния;

Развитие контактной сварки во многом определяется техническим прогрессом и разработками новых источников питания, регуляторов цикла сварки, исполнительных элементов.

Основным направлением совершенствования оборудования для контактной точечной сварки будет являться реализация возможности получения изделий пространственно сложной формы за счет компьютерного управления всеми подсистемами установки и ходом технологического процесса.

Очевидно, что в ближайшем будущем одной из основных задач в области теории сварочных процессов будет доведение и взаимная увязка математических моделей, описывающих многообразие явлений, до той степени совершенства, при которой проведение эксперимента с металлом станет не правилом, а особым исключением. Увеличение номенклатуры материалов, областей их применения, повышение требований к прочности и долговечности соединений требует существенного углубления знаний в этой сфере и углубления исследований, в том числе дальнейшего совершенствования подходов к конструированию узлов и соединений, к учету особенностей их работы при различных условиях нагружения.

## 1. Описание свариваемого изделия

В 2004г. в условиях «НАЗ «Сокол» была запущена в производство бак-конструкция крыла, представляющая собой сложную сварную конструкцию, состоящую из следующих конструктивных элементов:

- силового каркаса;
- панелей;
- нервюр и полунервюр.

Нижние и верхние панели соединяются между собой при помощи нервюр и полунервюр посредством контактной точечной сварки. Технологически этот процесс является достаточно сложным вследствие того, что сварка осуществляется внутри замкнутой полости через технологические окна малых размеров.

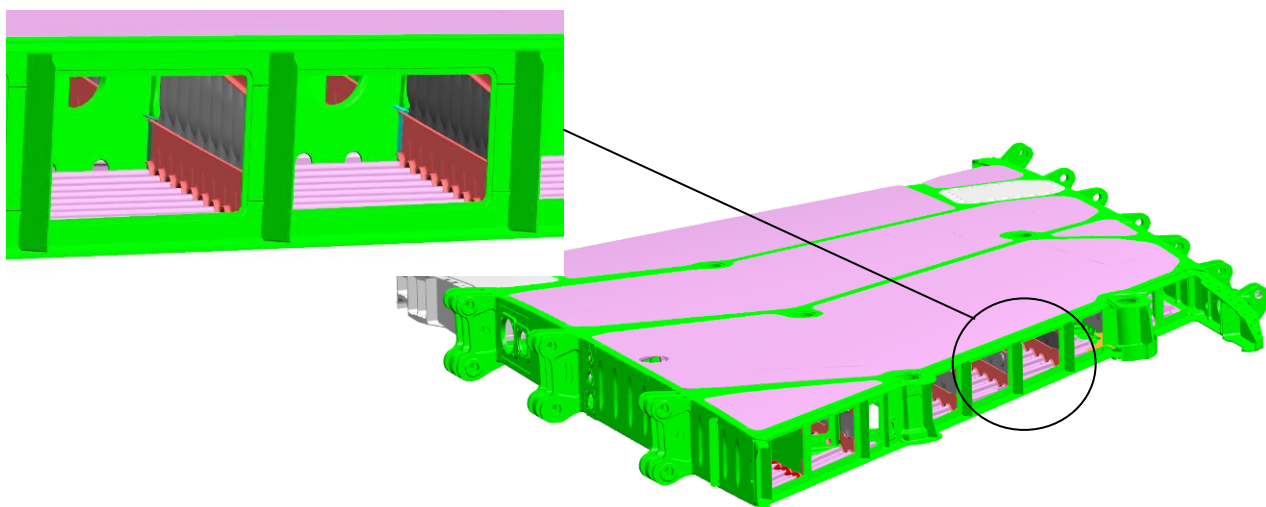


рис. 1. Бак-конструкция крыла

Для этой цели были использованы сварочные клещи МТ-5. Процесс сварки выглядел следующим образом:

- изделие устанавливалось в неподвижный кондуктор;
- из-за конструкции изделия, размещение клещей осуществлялось с 2х сторон;

- механизм перемещения по горизонтальным осям: X (вдоль нервюр и полунервюр), Y (поперек нервюр и полунервюр) – по командам сварщика с пульта. Движения осуществлялись по направляющим рельсам с довольно большой погрешностью;
- траектория ряда точек близка к виду синусоиды. Сварщик наводил клещи на каждую заранее размеченную точку и производил сварку в условиях ограниченной видимости;



рис. 2. Вид траектории.

- поворот клещей для выполнения синусоиды выполнялся сварщиком вручную «на плечо».



рис. 3. Сварочная машина МТ-5.

На сегодняшний день сварочная машина МТ-5 не обеспечивает требуемую программу выпуска (полный моральный и физический износ). В связи с этим «НАЗ «Сокол» совместно с «Прогресс-Ижевск» был разработан сварочный роботизированный комплекс УТС-М.

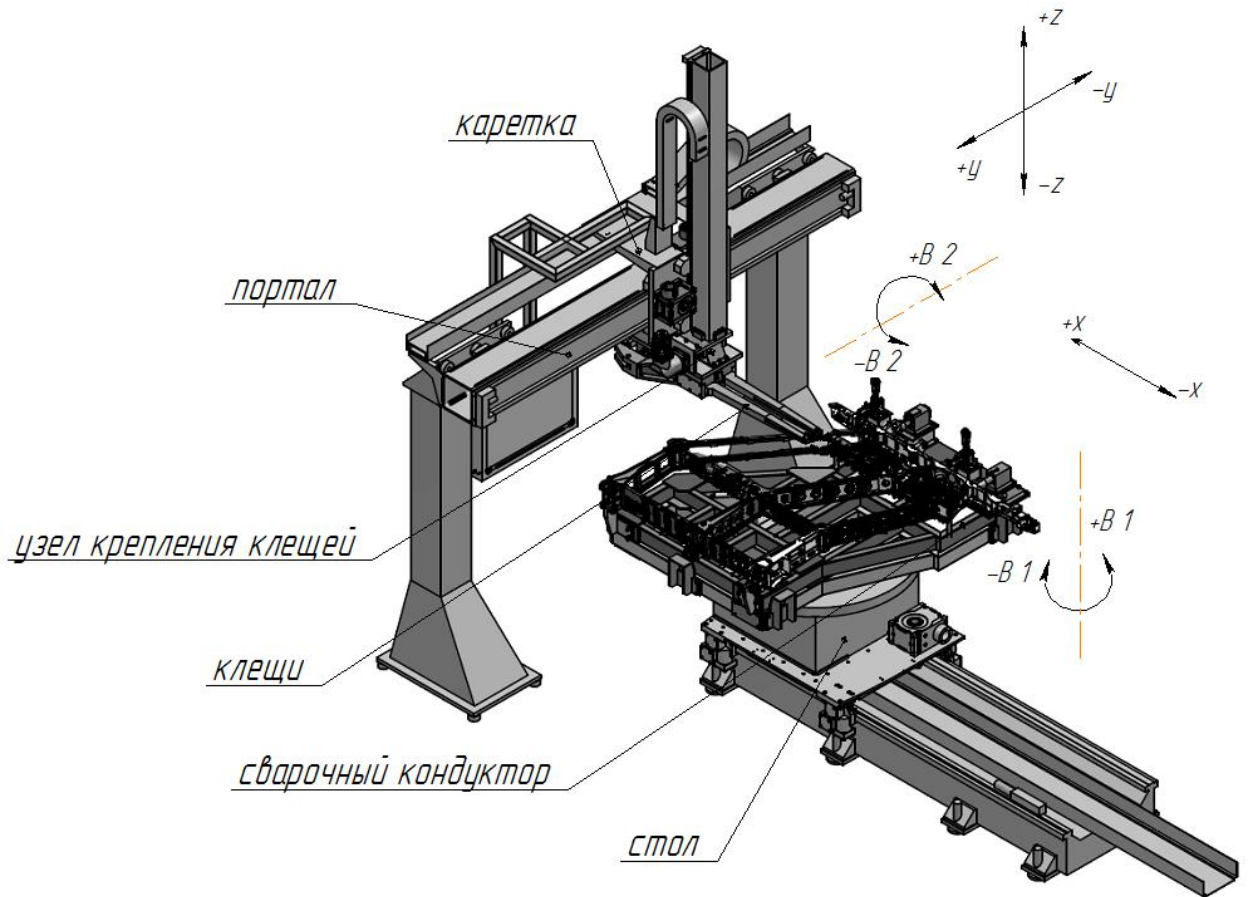


рис. 4. Сварочный роботизированный комплекс УТС-М.



## 2. Описание установки

### 2.1. Основные узлы и механизмы

Установка представляет собой сварочный роботизированный комплекс, состоящий из:

- 1) Портал. На балке портала закрепляются направляющие, по которым перемещается каретка со сварочными клещами.
- 2) Каретка. Предназначена для перемещения узла крепления и поворота сварочных клещей по координате  $Y$  (поперек горизонтальной оси установки), по координате  $Z$  (в вертикальном направлении).
- 3) Узел крепления клещей. Предназначен для крепления клещей, а также для передвижения (поворота) клещей вокруг горизонтальной оси  $Y$  – координата  $B2$ .
- 4) Сварочные клещи. Непосредственно инструмент, которым осуществляется процесс ТЭС.
- 5) Стол. Имеет возможность перемещения по координате  $X$  (вдоль горизонтальной оси установки) и поворота вокруг вертикальной оси – координата  $B1$ .
- 6) Сварочный кондуктор. Предназначен для установки свариваемого изделия, закрепления и удержания деталей от смещения. Конструктивно представляет собой раму, закрепленную на столе. Кондуктор имеет:
  - ложементы для установки свариваемого изделия;
  - базирующие и ориентирующие устройства;
- 7) Система видеонаблюдения. Обеспечивает возможность удобного наблюдения при настройке траектории перемещения от точки к точке, а также постановку точек с погрешностью не более  $\pm 0,5$  мм от разметки. При этом панорамное изображение и изображение положения рабочей части электрода выводится на монитор рабочего места оператора.

8) Пневмосистема. Включает блок подготовки воздуха, пневмораспределители, расположенные на пневмопанели, пневмоцилиндры и присоединительные шланги. Пневмооборудование фирмы FESTO.

Пневмосистема функционирует от заводской пневмосети с давлением входного сжатого воздуха не менее 5 атм. Для защиты и в связи с возможными колебаниями давления питающей сети сжатого воздуха, работа внутренних исполнительных узлов организована на давлении 3,5атм, излишнее отсекается.

9) Система водяного охлаждения. Холодильная камера фирмы НИТЕМА. Возможность поддержания программируемых конкретных температур. Предназначена для эффективного охлаждения токоведущих кабелей, сварочных клещей, электродов, сварочного инвертора. Система охлаждения автономная замкнутая.



рис. 5. Система водяного охлаждения.



рис.6. Сварочный роботизированный комплекс UTC-M.

## 2.2. Источник питания

SERRATRON MFC-3000 – среднечастотный преобразователь со встроенным контроллером предназначен для подачи электрической мощности на трансформаторно-выпрямительное устройство (ТВУ), которое передает определенную мощность в виде импульса постоянного тока на сварочные электроды.

Технические характеристики:

- 255 сварочных программ с программируемым количеством импульсов;
- режимы контроля мощности: фазовый контроль, стабилизация тока, стабилизация напряжения, функция WiseAdapt (плавная подстройка любого изменения динамического сопротивления);

- программируемые нарастание/спад в импульсе сварки (в зависимости от режима регулирования мощности);
- компенсация износа электродов с применением математически описываемых кривых и автоматического управления;
- оптимизированная функция заправки электродов (увеличение полезного срока службы электрода при сохранении постоянства физических характеристик сварного соединения в течение всего срока службы электрода);
- компенсация колебаний напряжения питания (фазовый контроль и супервизорное управление);
- измерение и контроль сопротивления сварной точки;

### 2.3. Система управления.

Система управления создана на микропроцессорной элементной базе, с обеспечением необходимой степени помехозащищенности.

В составе системы управления на пульте управления установлена сенсорная панель, с помощью которой устанавливаются и контролируются параметры режимов работы установки, проводится диагностика состояния элементов установки.

Система управления обеспечивает работу установки в наладочном, автоматическом и полуавтоматическом режимах.

Режим «Наладка» предназначен для программирования (настройка каждого регулируемого параметра в ручном режиме согласно технологическому процессу сварки), наладки и диагностирования (проверка установленных настроек в цикле без сварки и проверка отдельно работы сварочного источника при выполнении «Сварки»). В ручном режиме обеспечивается индивидуальное выполнение всех перемещений, а также

реализована возможность постановки отдельных сварочных точек на заранее выбранных режимах.

Режим «Автомат» предназначен для работы Установки в автоматическом режиме по отдельным управляющим программам, содержащим траектории движения, а также режимы цикла сварки для каждой свариваемой точки.

В режиме «Полуавтомат» перемещение сварочных клещей от точки к точке происходит автоматически по программе, при этом имеется возможность корректировки положения точек, в том числе постановка дополнительных точек. Цикл сварки производится по команде оператора с кнопки пульта.

Система управления обеспечивает аварийный останов в любом режиме работы установки при наезде на препятствие, по любой из координат.



рис. 7. Пульт управления.

#### 2.4. Регистрация параметров сварки. Создание паспорта сварки.

Регистрация процесса сварки для создания паспорта свариваемого узла и анализа обрабатываемых режимов сварки осуществляется при помощи SERRATRON MFC-3000, подключенного к системе управления.

Основные этапы подготовки установки к процессу сварки:

- 1) Включение установки и выход в “ноль” по всем координатам.
- 2) Включение управляющей программы – рис. 8 (информация о свариваемом узле и установленных режимах сварки переходит в форму паспорта).
- 3) Формирование новой или проверка (корректировка) существующей траектории движения сварочных клещей.

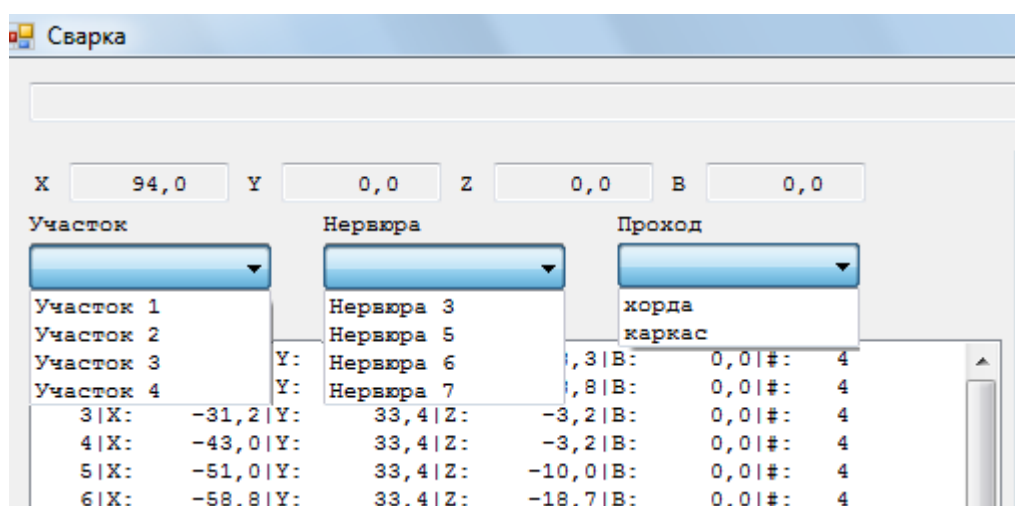


рис. 8. Вид задания участка сварки.

Паспорт формируется после сварки в автоматическом режиме со следующими данными:

- тип изделия;
- номер изделия;
- ориентация изделия (левый/правый);
- номер нервюры;
- номер участка;
- данные о сварщике;
- время сварки;
- заданные и фактические режимы сварки каждой точки.

Паспорт готов для предъявления вместе с изделием работнику БТК.

## 2.5 Технологический процесс

- Подготовка и настройка установки на заданные параметры свариваемого изделия согласно технологическому процессу и руководству по эксплуатации;
- Установка свариваемого изделия в ложемент сварочного кондуктора по базам и крепление;
- Включение автоматического процесса сварки нажатием кнопки «Пуск» на главном пульте управления:
  - ✓ Портал со сварочными клещами перемещается в начало сварки;
  - ✓ Выполняется процесс точечной контактной сварки двумя сварочными клещами одновременно по заданной программе обхода точек;
  - ✓ После окончания процесса сварки портал перемещается в ИП (исходное положение), цикл выключается.
- Выполнение контроля качества сварных точек визуально;
- Снятие сваренного изделия со сварочного кондуктора.

### 3. Расчет снижения трудоемкости изготовления бак-конструкции крыла от внедрения установки УТС-М.

Расчет произведен на 1 шт.

#### *I переход.*

<i>Наименование операций по базовому ТП</i>	<i>Время по базовому ТП, мин</i>	<i>Наименование операций по внедряемому ТП</i>	<i>Время на УТС-М, мин</i>
<b>Сварка по хорде нерв. 2,3,5,6,7,8,9</b>			
<i>Установка БКК в стенд/установку</i>	55	<i>Установка БКК в стенд/установку</i>	20
<i>Подготовка поверхностей нервюр</i>	25	<i>Подготовка поверхностей нервюр</i>	40
<i>Сварка ТЭС по хорде</i>	385	<b><i>Сварка ТЭС по хорде и коробочек</i></b>	390
<i>Устранение дефектов</i>	35	<i>Устранение дефектов</i>	10
<i>Зачистка выплесков</i>	25	<i>Зачистка выплесков</i>	5
<i>Всего:</i>	525		465
<b>Сварка коробочек</b>			
<i>Установка БКК в стенд/установку</i>	55	-	
<i>Подготовка поверхностей</i>	10	-	
<i>Сварка ТЭС</i>	270	-	
<i>Устранение дефектов</i>	25	-	
<i>Зачистка выплесков</i>	20	-	
<i>Всего:</i>	380	-	
<b><i>Итого по I переходу:</i></b>	<b><i>905 мин (15ч 5 мин)</i></b>		<b><i>465 мин (7ч 45 мин)</i></b>



**II переход.**

<i>Наименование операций по базовому ТП</i>	<i>Время по базовому ТП, мин</i>	<i>Наименование операций по внедряемому ТП</i>	<i>Время на УТС-М, мин</i>
<b>Сварка по хорде нерв. 2,3 в зоне ст.1-лонж.1</b>			
<i>Установка БКК в стенд/установку</i>	55	<i>Установка БКК в стенд/установку</i>	20
<i>Подготовка поверхностей нервьюр</i>	8	<i>Подготовка поверхностей нервьюр</i>	10
<i>Сварка ТЭС по хорде</i>	60	<i>Сварка ТЭС по хорде и коробочек</i>	70
<i>Зачистка выплесков</i>	15	<i>Зачистка выплесков</i>	5
<i>Всего:</i>	138		105
<b>Сварка по хорде нерв. 3,4,5,6,7 в зоне ст.3-задняя стен.</b>			
<i>Подготовка поверхностей нервьюр</i>	15	<i>Подготовка поверхностей нервьюр</i>	20
<i>Сварка ТЭС по хорде</i>	145	<i>Сварка ТЭС по хорде и коробочек</i>	160
<i>Зачистка выплесков</i>	10	<i>Зачистка выплесков после ТЭС</i>	5
<i>Всего:</i>	170		185
<b>Сварка коробочек в зоне ст.1-лонж.1</b>			
<i>Установка БКК в стенд/установку</i>	55	-	
<i>Подготовка поверхностей</i>	8	-	
<i>Сварка ТЭС</i>	40	-	
<i>Зачистка выплесков</i>	10	-	
<i>Всего:</i>	113	-	
<b>Сварка коробочек в зоне ст.3-задняя стен.</b>			
<i>Подготовка поверхностей</i>	10	-	
<i>Сварка ТЭС</i>	115	-	
<i>Зачистка выплесков</i>	10	-	
<i>Всего:</i>	135	-	
<b>Итого по II переходу:</b>	<b>556 мин (9 ч 16 мин)</b>	<b>290 мин (4 ч 50 мин)</b>	

Итого по 2-м переходам сокращение времени составляет:

**706 мин (11 ч 46 мин)**

## Заключение

Современный технологический процесс выполняется машинами, где человеку отводится роль оператора, наблюдающего за его ходом и принимающего решения. Для влияния на ход процесса необходимо обеспечивать контроль его параметров и производить необходимые измерения и действия. Зачастую все эти задачи решаются автоматически и оператору выдается только необходимая информация в наиболее удобной форме.

Установка УТС-М, разрабатываемая изначально для решения узкоспециализированной задачи сварки внутреннего набора бак-конструкции крыла позволяет расширить номенклатуру свариваемых деталей при условии обеспечения их базирования в вертикальной плоскости как вдоль продольной, так и вдоль вертикальной осей установки.

Внедрение на производственной площадке нашего предприятия установки для контактной точечной сварки позволило решить ряд задач, таких как:

- Выполнить программу выпуска в количестве **24 комплектов в год**
- Увеличить производительность труда операции сварка нервюр «по хорде» ориентировочно на 50%
- Сократить трудоемкость выполнения годовой программы ориентировочно на **565 минут (≈ 71 день в год; 54 тыс.руб.)**
- Повысить качество выпускаемой продукции
- Исключить влияние человеческого фактора
- Повысить безопасность сварочных технологических процессов
- Повысить имидж предприятия: качественно и в срок

Таким образом, применение данной установки позволило сделать еще один шаг в развитии сварочного производства летательных аппаратов на нашем предприятии.