



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Машины и автоматизация сварочного производства»

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторной работе  
по дисциплине

# **«Инженерное обеспечение сварочного производства»**

Авторы

Людмирский Ю.Г., Харченко В.Я., Грицына А.Н.,  
Никитин А.Н., Миронов И.В.

Ростов-на-Дону, 2016



## Аннотация

Методические указания предназначены для студентов очной и заочной форм обучения специальностей 15.03.01, 15.02.02.

## Авторы

д.т.н., профессор Людмирский Ю.Г.

к.т.н., профессор Харченко В.Я.

к.т.н., доцент Грицына А.Н.

инженер Никитин А.Н.

инженер Миронов И.В.



## Оглавление

### **Выбор приспособления для сборки и сварки стыковых тонкостенных соединений неадаптивными роботами.....4**

Введение .....	4
1. Цель работы .....	4
2. Общие положения .....	5
3. Ход выполнения работы .....	5
4. Приспособления для сборки стыковых соединений.....	6

### **ВЫБОР СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ФЛАНЦА ДЛЯ ЕГО СВАРКИ НЕАДАПТИВНЫМ РОБОТОМ ....10**

Введение .....	10
1.Цель работы .....	10
2.Общие положения .....	10
3. Порядок выполнения работы. ....	13

### **КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЗЛОВ ЛИСТОВОЙ КОНСТРУКЦИИ .....15**

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ СБОРКИ КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЁТОМ ИХ СВАРКИ НЕАДАПТИВНЫМИ РОБОТАМИ.....22**

Введение .....	22
1. Цель работы .....	23
2. Ход выполнения работы .....	24

## **ВЫБОР ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СБОРКИ И СВАРКИ СТЫКОВЫХ ТОНКОСТЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ НЕАДАПТИВНЫМИ РОБОТАМИ**

Представлены требования к приспособлениям, предназначенным для сборки и сварки стыковых тонкостенных элементов конструкций неадаптивными роботами.

Изучаются устройства обеспечивающие точность установки стыков в пространстве и качество формирования и защиты корня шва.

### **Введение**

В сборочно-сварочном производстве сварочные операции занимают, как правило, не более 30% времени. Основное время расходуется на сборочные и вспомогательные операции. Необходимо комплексное решение всей проблемы сокращения цикла производства.

Эффективность использования сборочно-сварочной оснастки во многом определяется её соответствием конструкции изделия, принятой технологии изготовления и программой выпуска. При массовом производстве использование специальных сборочных приспособлений позволяет значительно повысить производительность и улучшить качество сборки. Однако и в условиях серийного производства высокоэффективными приспособлениями могут оказаться такие, которые могут использоваться для довольно широкой номенклатуры изделий (обечаек, коробов, листов и т.д.), когда изготовление сварных узлов малыми партиями сочетается с высокими требованиями к точности сборки. Использование таких приспособлений может существенно сократить сроки подготовки производства и ускорить выход продукции на рынок.

### **1. Цель работы**

Изучить устройства, предназначенные для сборки и сварки тонкостенных обечаек, проанализировать их достоинства и недостатки. Выбрать приспособление, которое обеспечит точность установки стыка в пространстве, позволит качественно выполнить автоматическую или роботизированную сварку неадаптивным роботом, обеспечит требуемые размеры.

Разработать технологию сварки продольного шва обечайки.

## 2. Общие положения

При автоматической сварке неадаптивными роботами качество соединений обеспечивается:

- если при переходе от сварки одного изделия к другому положение стыка в пространстве не меняется;
- если зазор в стыке не превышает величины заданной в ГОСТе для соответствующего способа сварки и толщины;
- если сварочные деформации не смещают стык от положения заданного при программировании неадаптивного робота;
- если режимы сварки обеспечивают условия правильного формирования корня шва.

Стыковые соединения листового металла толщиной до 4 мм обычно сваривают без разделки кромок. Для качественного формирования корня шва при сварке плавящимся электродом в среде активных газов или смесях применяют медные подкладки с формирующими канавками. При сварке под флюсом применяют флюсовые или медно-флюсовые подкладки.

## 3. Ход выполнения работы

1. Ознакомиться с конструкциями предложенных приспособлений
2. Разработать технологический процесс сборки изделия в выбранном приспособлении.
3. В зависимости от заданной конструкции и её материала сформулировать необходимость изменений в выбранном приспособлении.

## 4. Приспособления для сборки стыковых соединений

### Приспособление №1

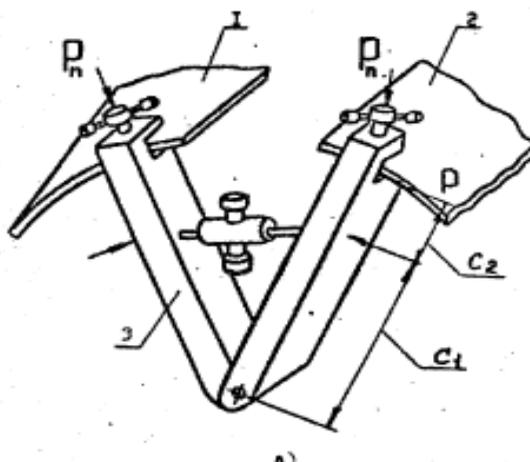


Рис.1. Схема приспособления для сборки обечаяек

Приспособление, показанное на рисунке 1, устанавливают с обоих торцов обечайки 1 и закрепляются к её кромкам винтовыми прижимами  $P_n$ . Затем с помощью талрепа 4 (штулка, содержащая левую и правую резьбу) и рычагов 3 сближают кромки обечайки, ликвидируют зазор и соединяют их на прихватах, после чего выполняют процесс сварки.

### Приспособление № 2

На рис. 2 представлено приспособление для сборки обечаяек.

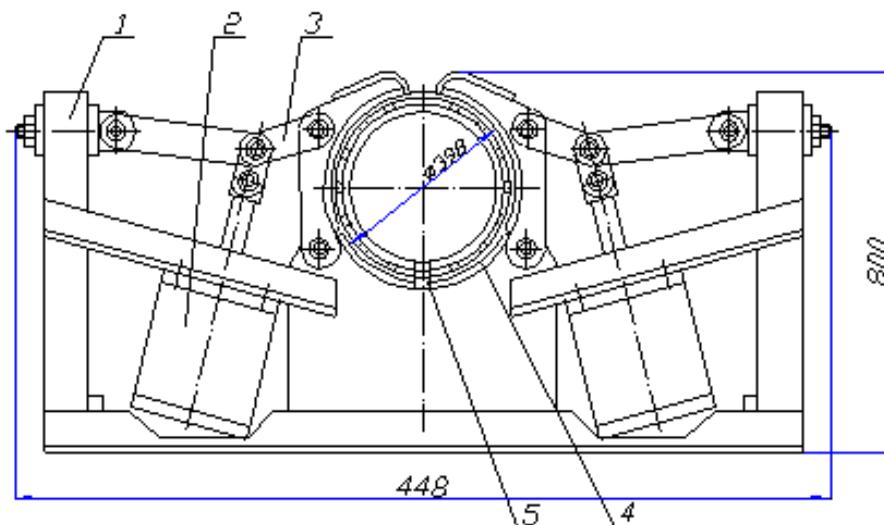


Рис.2. Схема станда для сборки продольных стыков обечаек небольшого диаметра

Оно состоит из каркаса 1, на котором размещены два рычажных прижима 3 с пневматическими цилиндрами 2 и опорный ложемент 4, на который укладывается обечайка. В осевом направлении положение обечайки определяется торцовым упором 5. При подаче воздуха в пневмоцилиндры прижимы обжимают обечайку по наружному диаметру, соединяя кромки продольного стыка. При этом обечайка прижимается к деталям, расположенным внутри неё (например, к дискам). Приспособление выполненные по вышеуказанной схеме успешно применяются для сборки обечаек диаметром до 400 мм, с толщиной стенки до 5 мм.

### Приспособление № 3

Технология сборки и односторонней сварки продольных швов тонкостенных обечаек предусматривает применение стандов с клавишными прижимами, которые обеспечивают равномерное по длине и плотное прижатие свариваемых кромок к формирующей подкладке.

Сборка стыков обечайки осуществляется в следующей последовательности. Вначале консоль поворачивают на угол, обеспечивающий возможность установить на неё обечайку. Затем

поворотную консоль вместе с обечайкой устанавливают в рабочее положение и закрепляют консоль эксцентриковым прижимом.

На рис. 3 показано поперечное сечение приспособления для установки, закрепления кромок и сварки стыковых соединений.

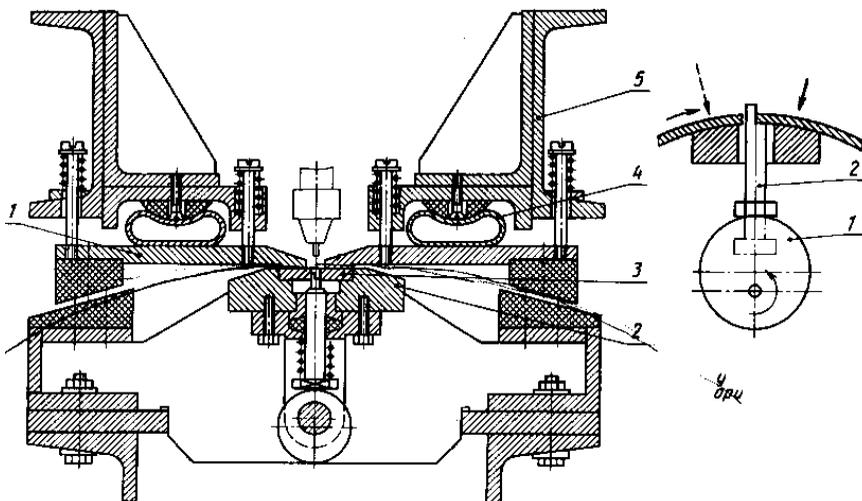


Рис.3. Приспособление для сборки и сварки стыковых прямолинейных швов

Кромки обечайки, замкнутых коробов или листов прижимаются к ложементу 2 с подкладкой 3, клавишными прижимами 1, закреплёнными на балках 5. Давление на клавиши передаётся пневмошлангами 4. Установка и прижатие кромок обечайки производятся в такой последовательности. Поворотом эксцентрикового валика 1 из подкладки выдвигаются фиксаторы 2, после чего до упора в них справа заводится первая кромка и зажимается подачей воздуха в шланг. Затем фиксаторы убирают, вторую кромку подают до упора в зажатую первую и зажимают своими прижимами. Таким образом, достигается точная установка свариваемого стыка по оси подкладки и устраняется зазор между торцами свариваемых деталей. В данном устройстве можно фиксировать обечайки и детали различной формы, при этом меняются только детали 2 и 3.

## Инженерное обеспечение сварочного производства

Для выбора приспособления, обеспечивающего точность установки стыка в пространстве и требуемый зазор между, необходимо ответить на поставленные вопросы в таблице 1.

Таблица 1

### Анализ возможности сварки стыковых соединений неадаптивными роботами

№	Наименование операции	приспособления		
		№1	№2	№3
1	Возможность сборки			
2	Возможность сварки в приспособлении без прихваток			
3	Возможность сварки в сборочном приспособлении			
4	Универсальность приспособления для сборки обечайек, коробов, листов и т.д.			

Примечание: Положительные ответы отметить знаком «+», а отрицательные знаком «-».

Разработать операционно-технологическую карту сборки и сварки продольного шва, обечайки, короба или листов (задание на разработку технологии выдаёт преподаватель).

Сделать выводы по работе и если необходимо, то предложить требуемые изменения в приспособлениях.

## **ВЫБОР СХЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ФЛАНЦА ДЛЯ ЕГО СВАРКИ НЕАДАПТИВНЫМ РОБОТОМ**

Представлены требования к точности сборочных приспособлений, обеспечивающих качество сварки неадаптивными роботами.

С учётом схем базирования рассчитываются возможные отклонения стыков в пространстве, величины зазоров в соединениях и на этой основе выбираются наиболее перспективные схемы базирования для обеспечения качественной сварки неадаптивными роботами.

### **Введение**

В себестоимости изготовления металлических конструкций стоимость материалов составляет 75-80%. В связи с этим изготовление прямоугольного фланца, показанного на рис.1, путём штамповки или термической резкой из листа не целесообразно, так как в этих случаях коэффициент использования материала будет очень низким (менее 0,5). В связи с этим в данной работе рассматриваются варианты изготовления фланца из отдельных полос, соединяемых сваркой.

### **1. Цель работы**

Проанализировать представленные схемы сборки прямоугольного фланца состоящего из отдельных полос, с учётом схем базирования рассчитать возможные отклонения стыков в пространстве, величины зазоров в соединениях и выбрать наиболее перспективные для обеспечения качественной сварки неадаптивными роботами.

### **2. Общие положения**

На рис.1 представлена конструкция, размеры, возможное расчленение прямоугольного фланца на отдельные детали и схемы их сборки. Рассмотрим возможность качественно

## Инженерное обеспечение сварочного производства

изготовления прямоугольного фланца механизированной сваркой плавящимся электродом в среде активных газов или смесях. При сварке неадаптивными роботами качество сварных стыковых соединений обеспечивается:

- если при выбранной схеме базирования возможное смещение стыка в пространстве не превышает диаметра свариваемой проволоки (обычно для роботизированной сварки используют проволоки диаметром 1,0 – 1,2 мм);
- если зазор в стыке не превышает величины заданной в ГОСТе 14771-76 для соответствующей толщины фланца;
- если правильно выбраны режимы сварки и обеспечиваются условия правильного формирования корня шва.

Будем считать, что все детали, из которых сваривается прямоугольный фланец изготовления по 14 качеству точности. Размеры фланца и отдельных деталей, из которых он изготовлен, показаны на рис. 1.

Каждая схема базирования должна предусматривать возможность установки случайно взятых деталей без их механической обработки, т.е. размеры между базами должны быть такими, чтобы детали с максимально большими плюсовыми допусками могли быть размещены между базовыми элементами.

Инженерное обеспечение сварочного производства

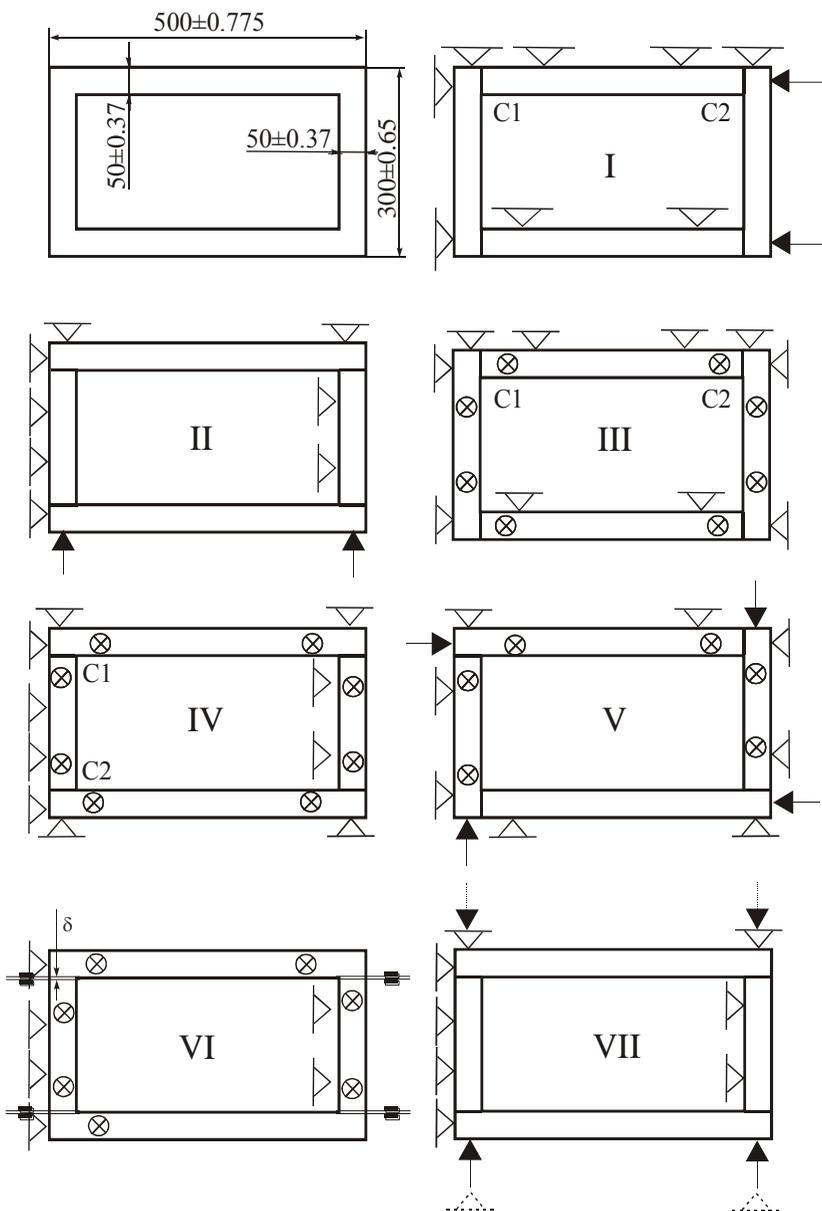


Рисунок 1. Варианты расчленения изделия на отдельные детали и различные схемы их базирования, при изготовлении прямоугольного фланца

C1 и C2 возможные отклонения стыков в пространстве, которые зависят от точности изготовления деталей, входящих в сборочную единицу – фланец и от схемы базирования;  $b$  – максимальная величина зазора в соединениях.

Используя консервативный метод расчёта, для каждой схемы базирования требуется рассчитать максимально возможные отклонения стыков в пространстве (C1 и C2) и наибольшую величину зазора  $b$  в этих стыках. При расчётах следует использовать следующие допуски на размеры: ( $500 \pm 0,775$ ;  $300 \pm 0,65$ ;  $50 \pm 0,37$ ). Рассчитанные максимальные величины C1, C2 и  $b$  для каждой схемы базирования занести в таблицу 1.

Таблица 1

**Отклонение стыков (C1 и C2) от проектного положения и величина зазора в соединениях (b), мм**

Номер базирования		схемы	I	II	III	IV	V	VI	VII
Отклонение стыка от проектного положения	C1								
	C2								
Величина зазора в соединении, $b$									

Примечание: В схеме VI зазор в соединении  $b$  равен - толщине ножа, по которому устанавливаются детали.

### 3. Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с заданием, для выполнения работы.
2. Рассчитать возможные отклонения стыков от проектного положения (C1 и C2) для каждой схемы базирования, результаты занести в таблицу 1.
3. Определить максимально возможную величину зазора в соединениях каждой схемы.
4. Анализируя результаты таблицы 1 выделить схемы базирования, используя которые предоставляется возможность обеспечить качество сварки неадаптивным роботом.
5. Из выделенных схем выбрать одну, обеспечивающую ка-

## Инженерное обеспечение сварочного производства

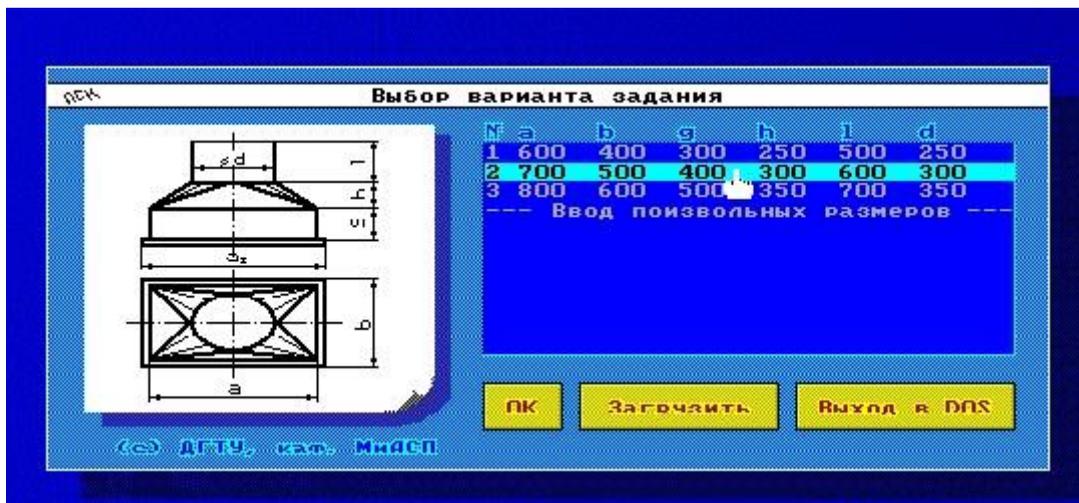
чество сварки неадаптивным роботом и позволяющую изготовить наиболее простое приспособление.

## КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЗЛОВ ЛИСТОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Представлены требования к приспособлениям, предназначенным для сборки и сварки стыковых тонкостенных элементов конструкций неадаптивными роботами.

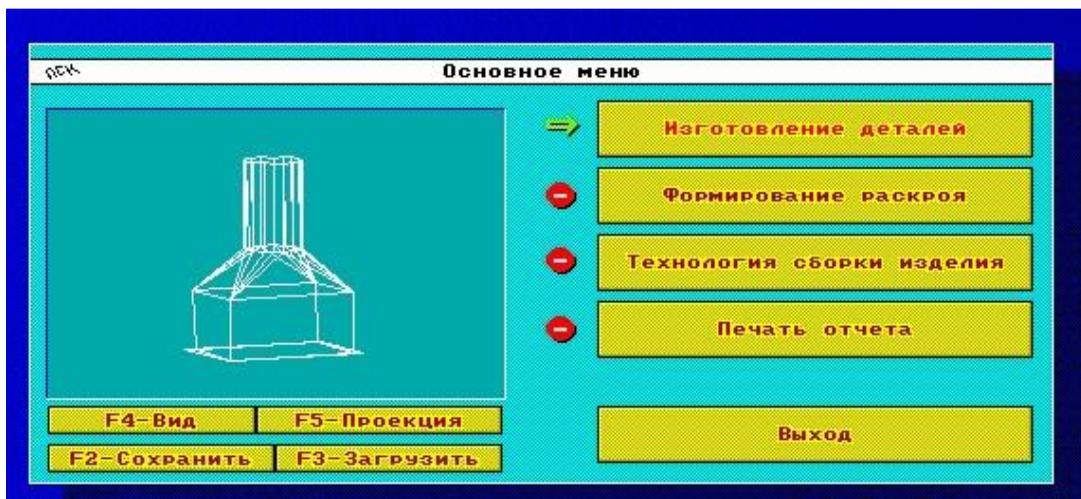
Изучаются устройства обеспечивающие точность установки стыков в пространстве и качество формирования и защиты корня шва.

1. Открываем программу KLAB, в появившемся окне, выбираем вариант заданный преподавателем, после чего нажимаем «ОК».



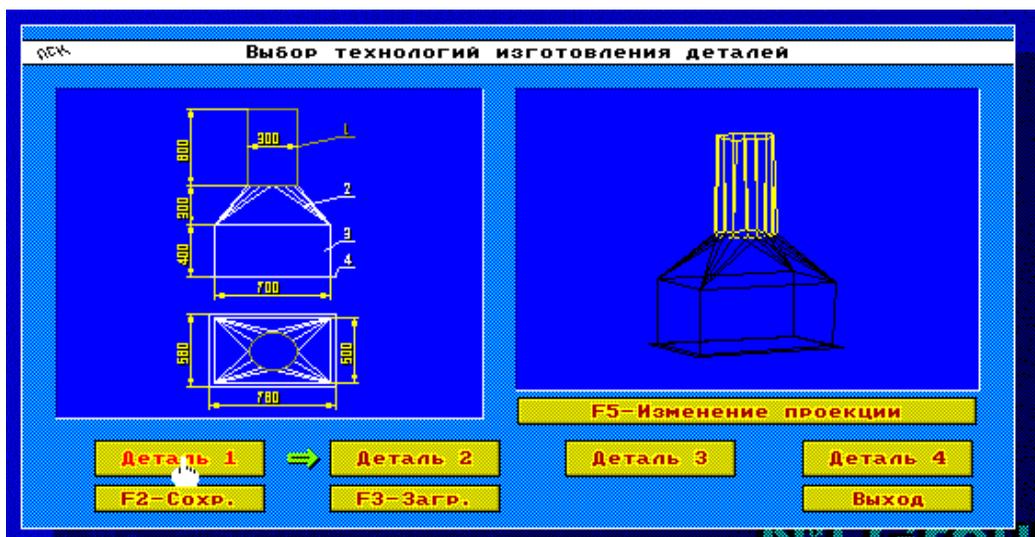
2. Далее появляется окно «Основное меню» с эскизом заданной детали, где нажав клавишу «F4- Вид» под изображением мы можем увидеть заданные размеры и две проекции.

Нажав «F5-Проекция», мы можем визуализировать деталь в трех измерениях «3D»



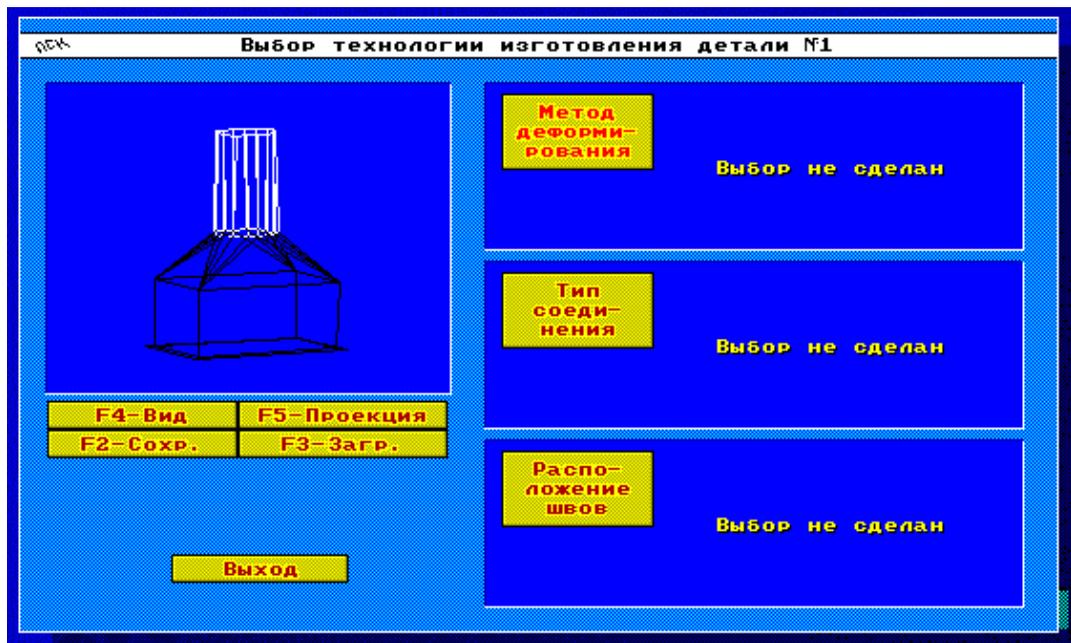
Переходим в правую часть окна. Видны команды, которые помогают изготовить деталь, сформировать раскрой и определить технологию сборки.

«Изготовление детали», перед нами открывается окно выбора изготовления детали, программа разбивает изделие на детали и предлагает ознакомиться с каждой деталью в отдельности и рассмотреть ее с любой стороны.



## Инженерное обеспечение сварочного производства

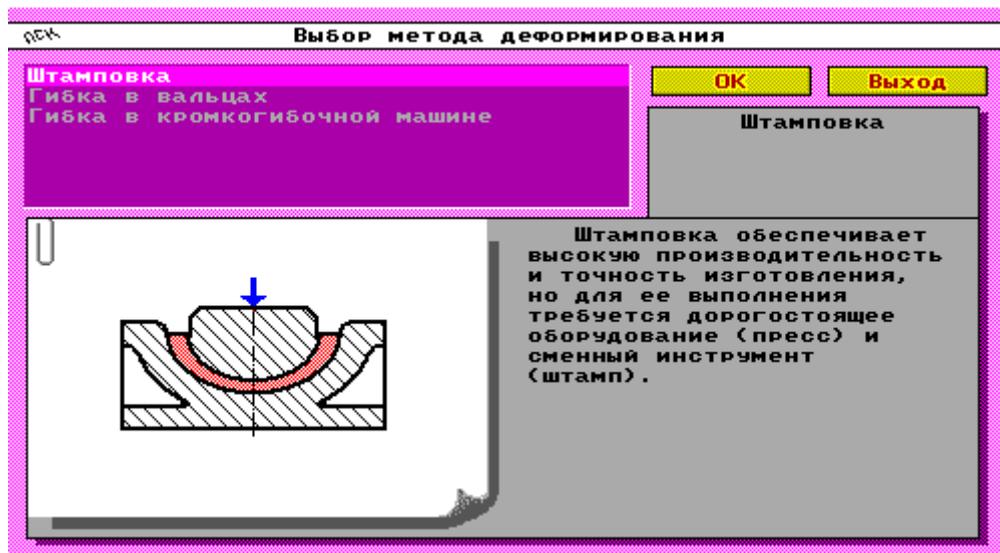
Далее выбираем «Деталь 1» открывается окно, в технологии изготовления выбранной детали (Деталь 1).



Выбранную деталь на изделии видим подсвеченной. В правой части окна предлагаются технологии изготовления, которые включающий в себя:

2. 1. Выбор метода деформирования: а) Штамповка; б) Гибка в вальцах; в) Гибка в кромкогибочной машине. Для правильного выбора метода деформирования дано его краткое описание.

После выбора целесообразного метода формообразования нажмите «ОК»



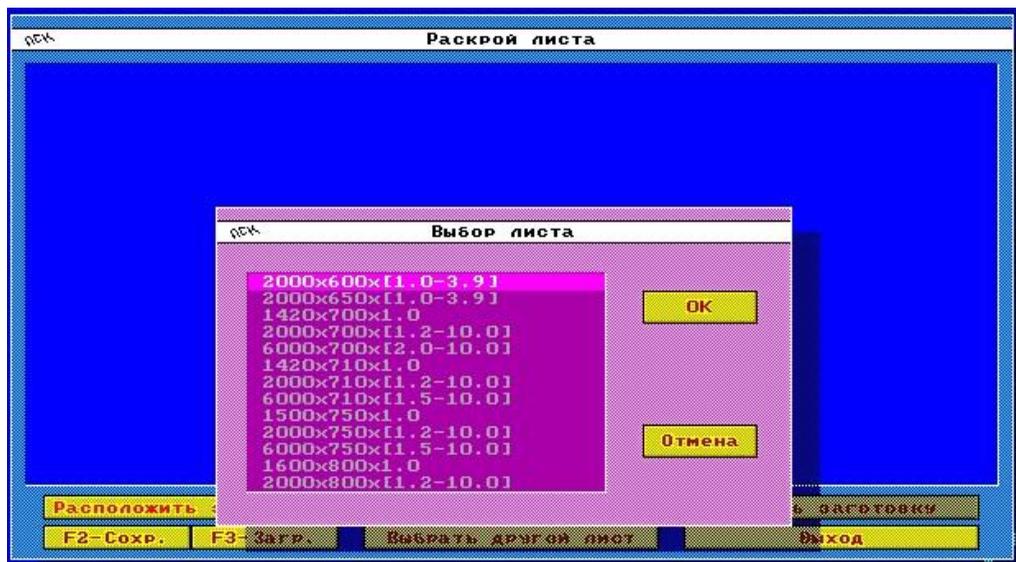
2.2.Выбор типа соединения: а) Нахлесточное; б) Стыковое одностороннее; в) Стыковое двустороннее. После выбора нажмите «ОК»

2.3.Выбираем один из предложенных вариантов расположения швов.

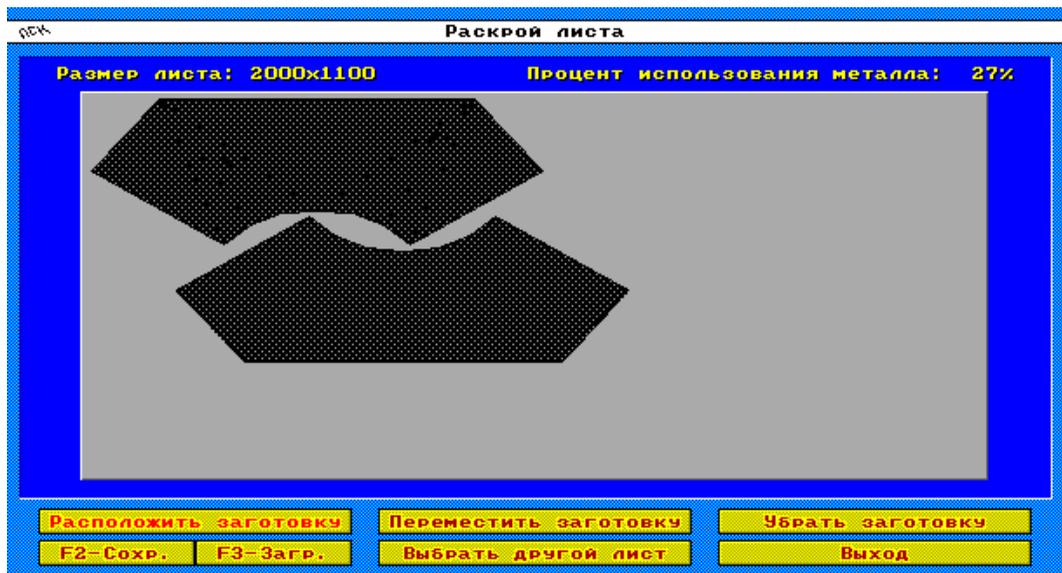
3. Для «Деталей 2, 3, 4» выбираем технологию изготовления по аналогичной схеме.

4. После выполнения вышеперечисленных операций со всеми деталями нажимаем «Выход» возвращаемся в «Основное меню».

5. Следующим шагом будет «Формирование раскроя». Программа предлагает выбор размера листа и развертку.



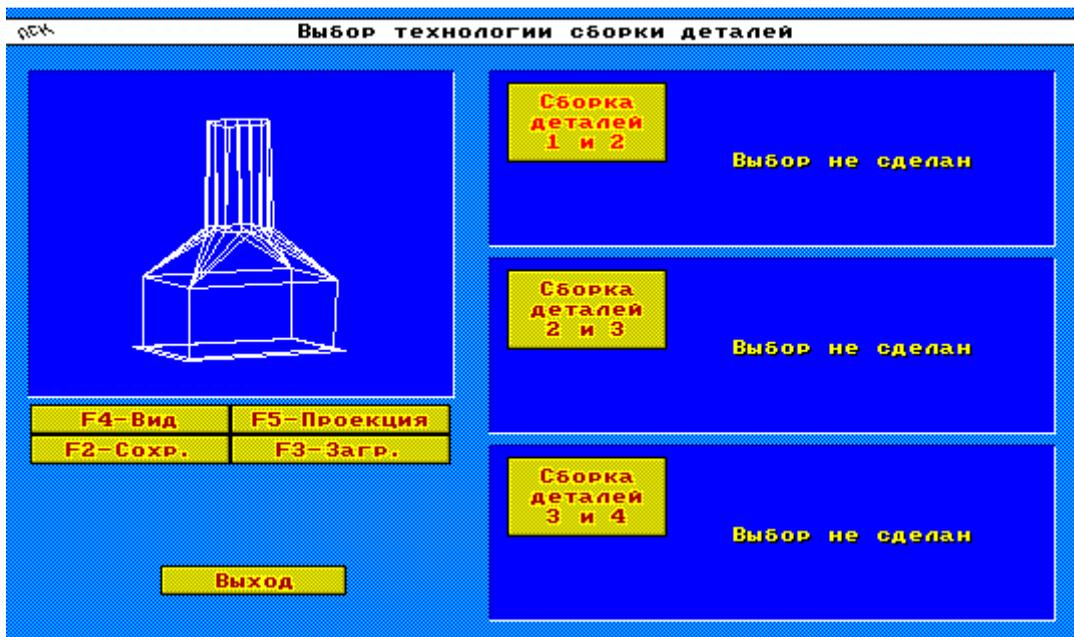
При расположении развертки детали нужно учитывать рациональность использования металла, коэффициент которого отображается в правом верхнем углу в процентном соотношении.



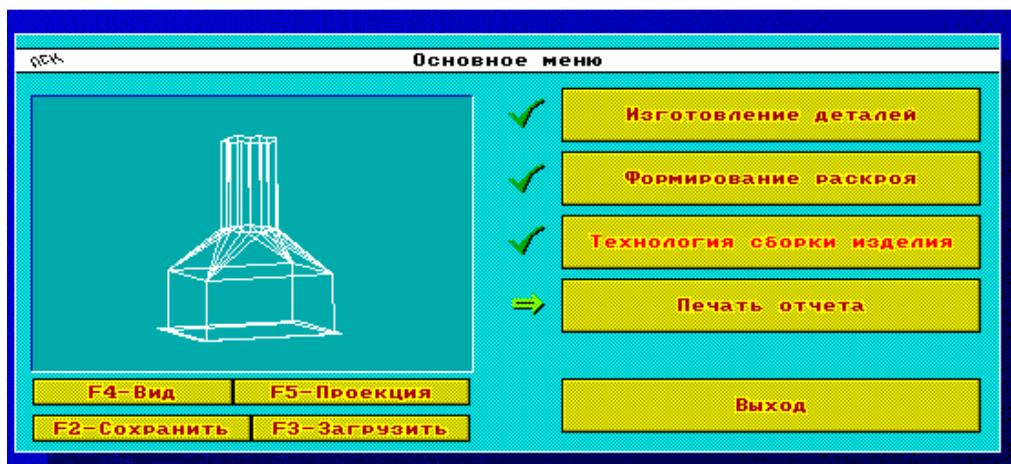
## Инженерное обеспечение сварочного производства

После того как достигнуто наибольшее использование металла нажимаем «Выход». Возвращаемся в «Основное меню».

6. Следующим шагом будет «Технология сборки изделия», где мы выбираем варианты соединения деталей между собой: 1 и 2, 2 и 3, 3 и 4. Нажимаем «Выход»



Убедиться, что все операции пройдены программа устанавливая  (галочку) рядом с соответствующим пунктом и подпунктом.



## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ СБОРКИ КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЁТОМ ИХ СВАРКИ НЕАДАПТИВНЫМИ РОБОТАМИ**

Представлены требования к приспособлениям, предназначенным для сборки и сварки кольцевых швов тонкостенных элементов конструкций неадаптивными роботами.

Предложены схемы сборки кольцевых швов, позволяющие уже при сборке создать деформации обратные сварочным.

Представлена схема расчёта, какая зона соединения должна подвергаться раздаче перед сваркой и какой уровень растягивающих напряжений следует задать в этой зоне перед сваркой, чтобы избежать заклинивания при съёме, и уменьшения остаточных напряжений.

Изложена методика расчёта усилия, которое нужно приложить к конусному клину, чтобы обеспечить требуемый уровень растягивающих напряжений в зоне соединения.

### **Введение**

При автоматической сварке неадаптивными роботами качество соединений обеспечивается:

- если при переходе от сварки одного изделия к другому положение стыка в пространстве не меняется;
- если зазор в стыке не превышает величины заданной в ГОСТ 14771-76;
- если сварочные деформации не смещают стык от положения заданного при программировании неадаптивного робота;
- если режимы сварки обеспечивают условия правильного

формирования корня шва.

Эффективность проектируемой сборочно-сварочной оснастки во многом зависит от конструкции изделия, принятой технологии изготовления, программы выпуска, знаний проектировщика, позволяющих предвидеть вид деформаций, их примерную величину, от его умения правильно выбрать методы уменьшения сварочных напряжений и деформаций.

При сварке кольцевых швов тонкостенных конструкций, выполненных из сталей, вследствие окружной усадки металла шва и прилегающей к нему зоне основного металла, происходит местное уменьшение периметра соединяемых элементов, и возникает, так называемая деформация - «корсетность». При этом радиальные перемещения могут достигать величины равной толщине, свариваемых деталей, и более.

Рассмотрим создание приспособления, предназначенного для сборки и роботизированной сварки кольцевых швов, на примере конструкции, показанной на рис.1, а точнее, как разработать приспособление для сварки кольцевого шва, соединяющего цилиндр 1 с переходником 2.

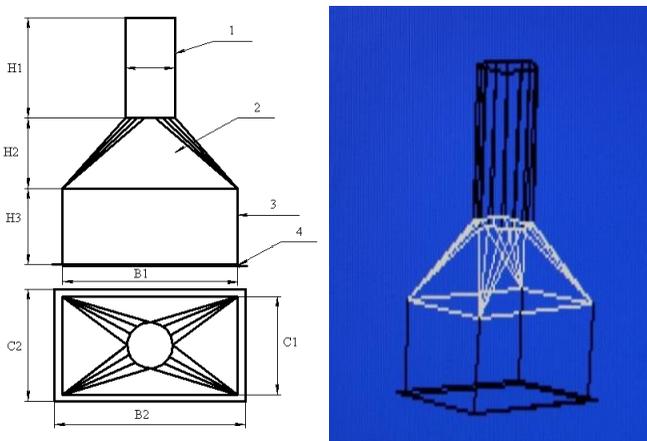


Рисунок 1. Конструкция бункера

## 1. Цель работы

Разработать приспособление для сборки и сварки кольцевых швов тонкостенных конструкций, позволяющее качественно выполнить сварку неадаптивными роботами и

обеспечить требуемые формы и размеры изделия.

## 2. Ход выполнения работы

На рис.2 показаны варианты сопряжения деталей 1 и 2. Вам необходимо оценить достоинства и недостатки каждого из этих вариантов. Выберите один для дальнейшей проработки, указав мышью соответствующий номер. Если выбранный вами вариант окажется не наилучшим из предложенных, то на дисплее появится рекомендация повторить выбор. При правильном выборе варианта на дисплее появится сечение собранных деталей и схема их базирования.

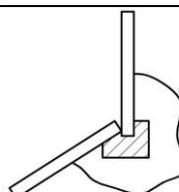
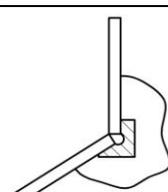
	Варианты расположения кромок, собираемых под сварку		
	1	2	3
			
Условия сварки	Снаружи	Снаружи	Изнутри
Возможность приложения нагрузки для сварки по растянутым кромкам			
Достоинства			
Недостатки			

Рис. 2. Варианты сборки деталей 1 и 2

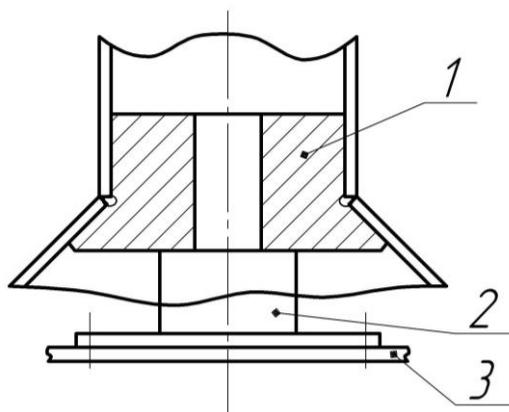


Рис. 3. Схема приспособления: 1 – центрирующая шайба; 2 – стойка; 3 – планшайба манипулятора

Центрирующую шайбу 1, показанную на рис. 2, целесообразно сделать в виде цанги, разжимаемой конусным клином, как показано на рис. 4.

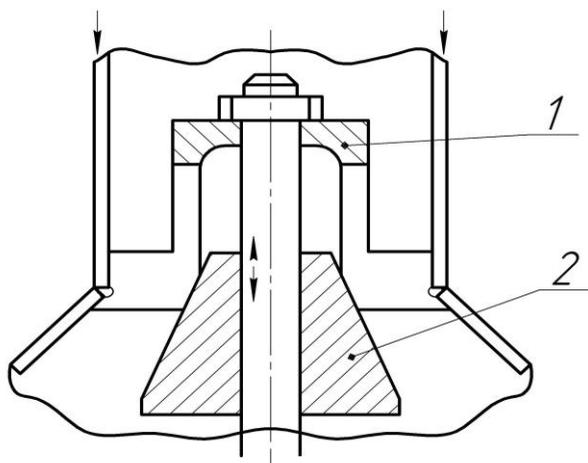


Рис. 4. Схема разрезной центрирующей шайбы 1 с раздачей её конусом 2

Завершением разработки схемы приспособления для сборки

## Инженерное обеспечение сварочного производства

и сварки соединения деталей 1 и 2 можно считать схему, объединяющую идеи, представленные на рис. 2 и 3 с добавлением привода клина, например как показано на рис. 5.

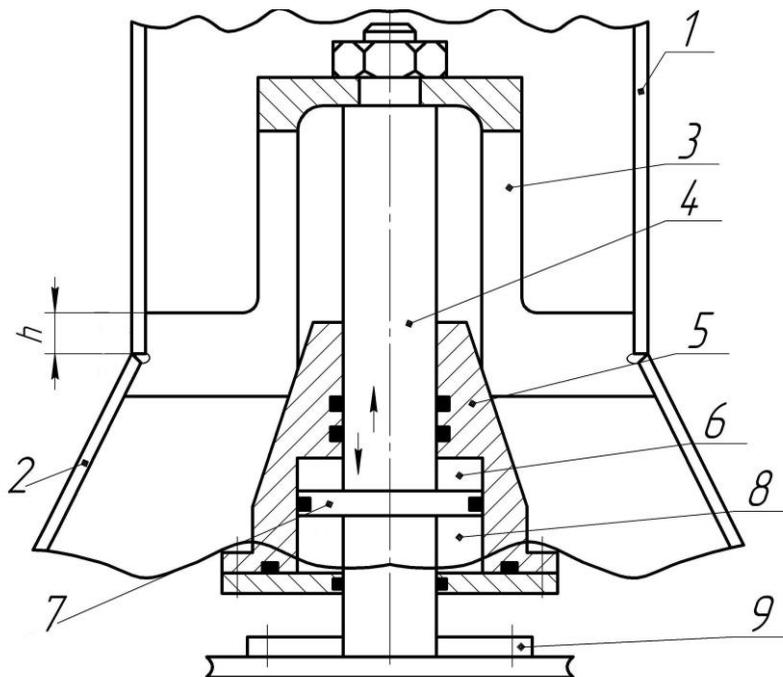


Рис. 5. Конструктивная схема ССП для сборки и сварки соединения деталей 1 и 2

### Технология сборки:

- Установка деталь 2 на конус цанги 3;
- Установка деталь 1 на цилиндрическую часть цанги 3;
- Фиксацию кромок провести разжимом цанги 3 конусным клином 5, для чего подать давление в полость «6» цилиндра;
- Сварить кольцевой шов;

Произвести съём изделия, для этого подать давление в полость «8», а полость «6» соединить с атмосферой воздуха. При этом цилиндр и конус опускаются вниз, а цанга 3 упруго возвращается в первоначальное состояние и не мешает съёму изделия.

## Инженерное обеспечение сварочного производства

Проектирование ССП в соответствии со схемой на рис. 5 должно включать:

во – первых, разработку постоянно используемой части конструкции приспособления (стойка 4 с фланцем 9 и поршнем 7, а также конусный клин 5 с полостями цилиндра давления «6» и «8»);

во – вторых, разработку конструкции сменной разрезной шайбы 3 с параметрически задаваемыми размерами, зависящими от типа размеров выпускаемых узлов.

Прежде чем приступить к проектированию необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Какая зона соединения должна подвергаться раздаче перед сваркой, и какой уровень растягивающих напряжений следует задать в этой зоне перед сваркой, чтобы избежать заклинивания при съеме, и уменьшении остаточных напряжений?

2. Какое усилие нужно приложить к конусному клину, чтобы обеспечить такой уровень растягивающих напряжений в зоне соединения?

Для ответа на 1 вопрос необходимо наметить ширину кольцевой зоны "h" где после сварки остаточные напряжения могут достигнуть уровня близкого, к пределу текучести.

Если назначить размер "h" разрезной шайбы в 1,5 – 2 раза превышающим ширину зоны "a" то можно предположить, что предварительно созданные растягивающие напряжения равные 0,5 предела текучести в пределах кольца шириной "h", при разгрузке обеспечит достаточно полное снятие остаточных напряжений и предотвратит заклинивание при съеме.

Ответ на второй вопрос можно получить путем использования схемы раздачи кольцевого элемента распределенным давлением "P" (рис. 6а). Определение величины "P" соответствующее растягивающим напряжением в кольцевом элементе, равным 0,5 предела текучести согласно выражению (1).

$$\rho = \frac{\sigma_T \cdot \delta}{D} \quad (1)$$

Примем ширину зоны «а» равной 15δ, при толщине δ = 2мм ширина зоны а = 30 мм. Тогда, размер «h» разрезной шайбы равен 45 мм.

Усилие растяжения «P» на участке «h» в обечайке соответствующее  $0,5\sigma_T$  равно:

## Инженерное обеспечение сварочного производства

$$P = F \cdot 0,5 \cdot \sigma = 45 \cdot 2 \cdot 24 = 1080 \text{ кг.}$$

Для получения такого усилия к конусу должно быть приложено усилие запрессовки  $N$ , которое рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P}{2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta)} = \frac{1080}{2 \cdot \operatorname{tg}(5^\circ 45' + 8^\circ)} = \frac{1080}{2 \cdot 0,25} = 2160 \text{ кг}$$

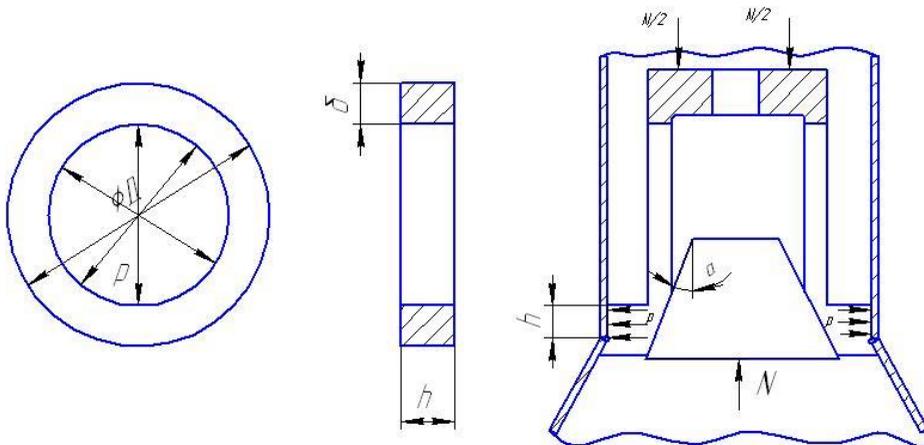


Рис. 6а. Схема определения усилия  $N$ , которое надо приложить к конусному клину, для обеспечения заданной раздачи соединения деталей 1 и 2.

На основе полученных исходных данных и анализа схемы на рис. 6б определим усилия  $N$ , которое надо приложить к конусному клину с углом  $\alpha$ . Это позволит приступить к проектированию силового цилиндра, т. е. определить его параметры – диаметр и давление среды (воздух или масло).

Пример расчёт усилия, развиваемого пневмоцилиндром, конструкция которого показана на рис.5, Диаметр пневмоцилиндра равен 320, шток 80 мм, а давление воздуха  $P$  примем равным 4 ат

$$N = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot P \cdot \eta = \frac{3,14 \cdot (32^2 - 8^2)}{4} \cdot 4 \cdot 0,9 = 2710 \text{ кг}$$

Как показали расчёты в данном случае можно использовать пневмоцилиндр диаметром 320 мм.