

На правах рукописи

АБДЮКОВ АЗАМАТ РАМИЛЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
ЗАМЫКАЮЩИХ КОЛЬЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ**

Специальность 05.02.13 – «Машины, агрегаты и процессы»  
(Машиностроение в нефтеперерабатывающей промышленности)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Уфа-2004

Работа выполнена на кафедре «Технология нефтяного аппаратостроения» Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Научный руководитель доктор технических наук, профессор  
Абдеев Ринат Газизьянович.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Абдуллин Рафиль Сайфуллович;  
кандидат технических наук, доцент  
Худяков Михаил Александрович.

Ведущая организация Башкирский научно-исследовательский  
институт нефтяного машиностроения  
(БашНИИнефтемаш).

Защита состоится «28» декабря 2004 года в 14-00 на заседании диссертационного совета Д 212.289.05 при Уфимском государственном нефтяном техническом университете по адресу: 450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Автореферат разослан «    » ноября 2004 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Ибрагимов И.Г.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность темы**

В условиях рыночной экономики предприятия, эксплуатирующие нефтеперерабатывающее оборудование, при их приобретении сопоставляют цену и качество выпускаемой аппаратуры.

В связи с этим особую актуальность для предприятий, изготавливающих аппаратуру для переработки нефти и газа, приобретает повышение качества выпускаемого оборудования с наименьшими издержками производства путем экономии материальных, энергетических и трудовых ресурсов.

Из результатов исследований, проведенных различными авторами известно, что изготовление базовых деталей кольцевых соединений (обечайки, корпуса и днища) разнородными технологическими процессами приводит к формированию геометрических размеров поперечного сечения с различными полями технологических допусков, проявляющихся в виде отклонения периметра, некруглости и угловатости и намного превышающих установленные нормативно-техническими документами функциональные допуски.

Результаты сравнительного анализа сборочно-сварочных работ при изготовлении кольцевых стыковых соединений аппаратуры показывают, что трудоемкость пригоночно-доделочных работ в 2-2,5 раза больше трудоемкости собственно сборочно-сварочных работ, а трудоемкость изготовления замыкающих кольцевых стыковых соединений в 1,5 –2 раза выше по сравнению с другими соединениями.

Поэтому, одним из перспективных направлений в экономии материальных и энергетических ресурсов при изготовлении крупногабаритной нефтеперерабатывающей аппаратуры оболочкового типа является создание менее трудоемких технологических процессов организацией механизированной сборки и сварки замыкающих кольцевых соединений.

## **Цель работы**

Обеспечение качества изготовления замыкающих кольцевых соединений повышением технологичности производства за счет механизации сборочно-сварочных операций.

Объектом исследований являются замыкающие кольцевые соединения нефтеперерабатывающей аппаратуры.

## **Основные задачи исследования**

1. Функциональный анализ точности геометрических размеров поперечных сечений кольцевых соединений аппаратуры.

2. Исследование влияния возмущающих факторов конструктивного и технологического происхождения на качество формирования замыкающих кольцевых соединений.

3. Разработка научно-методического подхода качественного изготовления замыкающих кольцевых соединений корпусов аппаратов.

4. Создание технологической системы изготовления замыкающих кольцевых соединений аппаратов в блочно-модульном исполнении.

5. Создание средств технологического оснащения механизированной сборки, сварки и контроля кольцевых соединений в процессе изготовления.

## **Научная новизна**

Установлены закономерности влияния возмущающих факторов конструктивного и технологического происхождения на отклонение сварочного трактора от оси стыкового соединения, характеризующего качество формирования кольцевых соединений корпусов аппаратов.

Разработана математическая модель для определения допустимых значений отклонения сварочного трактора от оси стыкового соединения, обеспечивающего качественное формирование кольцевого соединения с учетом отрицательного влияния смещения кромок, зазора и кривизны поверхности замыкающего днища аппарата.

На основе полученных результатов предложен научно-методический подход качественного изготовления замыкающих кольцевых соединений корпусов аппаратов, заключающийся в регулировании отклонения

сварочного трактора от оси стыка в поперечном направлении и корректировке его хода в продольном направлении стыкового соединения в зависимости от угла базирования относительно горизонтальной плоскости.

### **Практическая ценность**

Разработанная технологическая система сборки и сварки кольцевых соединений аппаратов позволяет повысить качество и технологичность изготовления замыкающих кольцевых соединений аппаратуры, вывести из производственной зоны операторов за счет механизации и автоматизации операций сборки, сварки и контроля и уменьшить трудоемкость сборочно-сварочных работ на 30-40%.

По результатам работы совместно с ВНИИНЕФТЕМАШ (г. Москва) разработана технологическая инструкция по блочно-модульной технологической системе изготовления и ремонта кольцевых соединений корпусов аппаратов для переработки нефти и газа

Созданные средства технологического оснащения прошли апробирование на производстве и приняты к внедрению в ОАО "Туймазыхиммаш" и Бугульминском механическом заводе ОАО «Татнефть».

### **Апробация работы**

Основные положения и результаты работы докладывались на международных, российских и республиканских конференциях, на научно-технических семинарах кафедры "Технология нефтяного аппаратостроения" Уфимского государственного нефтяного технического университета, в том числе на II Международном симпозиуме «Наука и технология углеводородных дисперсных систем» (г. Уфа, 2000 г.), республиканской научно-практической конференции молодых ученых «Молодые ученые – новому тысячелетию» (г. Уфа, 2000 г.), II научно-практической конференции «Новые разработки в химическом и нефтяном машиностроении» (г. Туймазы, 2003 г.) и Всероссийской научно-практической конференции «Реновация: отходы-технологии-доходы» (г. Уфа, 2004г.)

## **Публикации**

Основное содержание диссертационной работы отражено в 12 печатных работах. Получен патент Российской Федерации на изобретение.

## **Структура и объем работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка использованных источников из 100 наименований. Объем работы 115 страниц машинописного текста, включая 30 рисунков, 10 таблиц и 30 страниц приложений.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** дано обоснование актуальности работы, сформулированы основные задачи и положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** приведен обзор технологических процессов, способов и средств технологического оснащения изготовления кольцевых соединений корпусов аппаратов.

Анализ существующих способов изготовления с помощью стационарных станков, передвижных установок и различных видов устройств механизированного изготовления кольцевых соединений позволил установить их достоинства и недостатки.

Так, стационарные сборочно-сварочные станки с подвесными автоматическими головками не позволяют осуществить изготовление замыкающего внутреннего кольцевого стыкового соединения (сопряжение замыкающего днища с корпусом). Неизбежность появления неконцентричности стыкуемых деталей и ряда других причин технологического происхождения не обеспечивает качественного формирования сварного соединения.

Недостатком рассмотренных самоходных сварочных установок является отклонение сварочного трактора от оси кольцевого стыкового соединения в поперечном и продольном направлениях, что влечет за собой

неизбежные остановки процесса изготовления из-за появления многочисленных дефектов сварного соединения и, как следствие, низкое качество производства аппаратуры.

Вышеперечисленные недостатки снижают технологичность и производительность, повышают уровень пригоночно-доделочных работ при исправлении дефектов сварных стыковых соединений, и ведут к повышению себестоимости и снижению качества изготавливаемой аппаратуры.

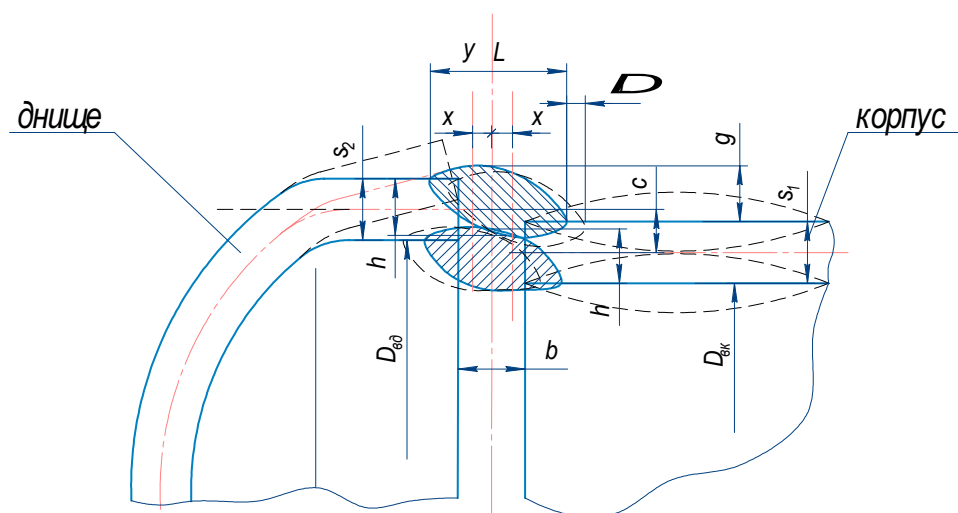
В заключение главы сделаны выводы об актуальности задачи совершенствования технологии изготовления замыкающих кольцевых соединений крупногабаритной нефтеперерабатывающей аппаратуры.

**Во второй главе** проведено исследование закономерностей влияния возмущающих факторов конструктивного и технологического происхождения на качественное формирование кольцевых соединений.

Под качеством изготовления (формирования) кольцевых соединений корпусов аппаратов в работе понимается сохранение формы и размеров сварных соединений различного конструктивного исполнения в установленных нормативно-техническими документами пределах. Основные конструктивные параметры, характеризующие стыковые кольцевые сварные соединения приведены на рис. 1.

На отклонение данных параметров от номинальных значений оказывают влияния множество возмущающих факторов конструктивного и технологического происхождения.

Постоянство таких технологических параметров, как положение и диаметр электрода, род и полярность тока, скорость сварки и подача электрода, величина вылета электрода и т.д., характеризующих режим и технологию сварки, обеспечиваются сварочными тракторами, используемыми при изготовлении замыкающих кольцевых соединений. Они не являются объектом исследования и не рассматриваются в данной диссертационной работе.



$s_1$ -толщина корпуса;  $s_2$  – толщина днища;

$C$  – смещение кромок;  $b$  – зазор;  $h$  – глубина провара;  $L$  – ширина сварного соединения;  $\Delta L$  – изменение ширины сварного соединения;  $g$  – усиление сварного соединения;  $x$  – отклонение сварочного трактора от оси стыка;  $D_{вк}$  – диаметр корпуса;  $D_{вд}$  – диаметр днища;

Рис. 1. Геометрические размеры поперечного сечения и конструктивные параметры сварного замыкающего кольцевого соединения корпуса с днищем аппарата

Из конструктивных параметров, оказывающих влияние на качество формирования замыкающего кольцевого соединения аппаратов, рассмотрены смещение кромок и зазор между стыкуемым корпусом и днищем, являющиеся многопараметрическими функциями от погрешностей геометрических размеров кольцевых соединений, формирующихся на протяжении всего цикла изготовления корпусов аппаратуры.

Наличие смещения кромок в кольцевом соединении приводит к стеканию расплавленного металла с превышающей кромки, образованию наплыва и, как следствие, к снижению прочностных свойств сварного стыкового соединения.

С целью изучения закономерностей возникновения и развития смещения кромок и зазора нами проведены исследования размеров поперечного сечения кольцевых соединений сепараторов для переработки

углеводородного сырья диаметром  $D_6=2400$  мм и с толщиной стенки  $s=20$  мм из углеродистых и низколегированных сталей.

Результаты исследований, приведенные в диссертации, показывают, что формирование размеров поперечного сечения корпуса сепаратора носит наследственный характер, изменяясь в каждой операции технологического процесса.

Так, некрутость, возникающая при изготовлении обечаек корпусов в виде овальности, изменяется при сборке и сварке продольного шва и проявляется в виде трехвершинной огранки, затем, изменяясь из-за воздействия поперечной утяжки кольцевых сварных соединений обечаек корпусов трансформируется в волнистость после сборки штуцеров.

Как показывают исследования, максимальные значения смещения кромок при изготовлении замыкающего кольцевого соединения достигают значений  $C=6-8$  мм и превышают функциональные допуски в 2-2,5 раза. Значения зазора, возникающего из-за погрешностей формы корпуса и днища в виде бочкообразности и седловидности, конусности и увода кромок находятся в пределах  $b = 0-5$  мм.

Таким образом, можно сделать вывод, что смещение кромок и зазор в соединении корпуса с днищем являются параметрами, характеризующимися суммарными погрешностями размеров поперечного сечения замыкающих кольцевых соединений аппаратов, и могут носить знакопеременный характер, и от которых практически не представляется возможным избавиться.

При инженерных расчетах влияния смещения кромок на величину глубины провара соединения ( $h$ ) можно использовать следующую зависимость, учитывающую условие обеспечения технологической прочности сварного стыкового соединения, при  $C \leq 1,5$  g:

$$\Delta h_c = c/2.$$

Измерения на микрошлифах стыковых швов, сваренных при рассматриваемых значениях смещения кромок показали, что погрешность определения  $\Delta h_c$  находится в пределах 15%.

Подставляя данные реальных значений смещений кромок в данное уравнение, можно оценить степень его влияние на величину провара. Так, при допусковом значении  $C=3$  мм,  $\Delta h_c=0,11h=1,5$  мм, а при реальном значении  $C=6$  мм  $\Delta h_c=0,21h=3$  мм.

Изменение глубины провара соединения  $\Delta h_b$  от влияния сварочного зазора  $b$  и видов конструктивного исполнения сварных соединений определяется с учетом соотношения долей основного и присадочного металла в сварном стыке.

На основе проведенных исследований получена зависимость для определения величин  $\Delta h_b$ :

$$\Delta h_b \approx \frac{hb}{K_0 L - b},$$

где  $K_0$  – коэффициент, характеризующий форму и размеры сварного соединения и представляющий собой отношение истинной площади провара к площади описанного прямоугольника с основанием, равным ширине сварного соединения  $L$ , и высотой, равной глубине провара соединения  $h$ .

Для рассматриваемых кольцевых соединений с толщиной стенки  $s = 8-20$  мм значение  $K_0=0,54-0,72$ .

Результатами исследований установлено, что выполнение кольцевого стыкового соединения с зазором не оказывает влияния на характер формы провара, толщину и ширину сварного соединения.

Обработка результатов исследований показывает значительное изменение глубины провара соединения  $\Delta h_b$ , значения которых для рассматриваемых кольцевых соединений находятся в следующих пределах:

$$\Delta h_b = (0,23-0,38)h.$$

Выявлено, что уменьшение зазора сокращает глубину провара сварного соединения  $h$  и увеличивает усиление стыкового соединения  $g$ .

Далее, в данной главе рассмотрено влияние на качество кольцевого сварного соединения таких возмущающих факторов технологического происхождения, как нестабильность силы тока  $\Delta I_{св}$  и напряжения  $\Delta U_d$ ,

отклонение сварочного трактора от оси кольцевого соединения и отклонения угла базирования трактора относительно горизонтальной плоскости.

Изменение ширины сварного соединения  $\Delta L_T$  и глубины провара  $\Delta h_T$  от колебаний сварочного тока  $\Delta I_{св}$  и напряжения на дуге  $\Delta U_{\delta}$  может быть количественно оценено по следующим зависимостям:

$$\Delta L_T = \frac{\partial L}{\partial I_{св}} \Delta I_{св} + \frac{\partial L}{\partial U_{\delta}} \Delta U_{\delta}; \quad (1)$$

$$\Delta h_T = \frac{\partial h}{\partial I_{св}} \Delta I_{св} + \frac{\partial h}{\partial U_{\delta}} \Delta U_{\delta}. \quad (2)$$

Исследования, проведенные для рассматриваемых кольцевых соединений при значениях  $I_{св} = 400-1200$  А,  $U_{\delta} = 30-52$  В, изменениях  $\Delta I_{св} = 0,1 I_{св}$ ,  $\Delta U_{\delta} = 0,1 U_{\delta}$  и скорости сварки  $V_{св} = 20-100$  м/ч, позволили определить численные значения изменений  $\Delta L_T$  и  $\Delta h_T$ :

$$\Delta L_T = (1,1-11,2) \text{ мм};$$

$$\Delta h_T = (0,5-5,7) \text{ мм}.$$

При этом значения частных производных уравнений (1) и (2) равны

$$\frac{\partial L}{\partial I_{св}} = (0,01 - 0,05) \frac{\text{мм}}{\text{А}};$$

$$\frac{\partial h}{\partial I_{св}} = (0,01 - 0,03) \frac{\text{мм}}{\text{А}};$$

$$\frac{\partial L}{\partial U_{\delta}} = (0,18 - 1,0) \frac{\text{мм}}{\text{В}};$$

$$\frac{\partial h}{\partial U_{\delta}} = (0,03 - 0,4) \frac{\text{мм}}{\text{В}}.$$

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что нестабильность  $I_{св}$  и  $U_{\delta}$  приводит к значительному изменению ширины сварного соединения и глубины провара соединения, значения которых находятся в следующих пределах:  $\Delta L_T = (0,06-0,61)L$ ;  $\Delta h_T = (0,07-0,41)h$ .

Изменение глубины провара  $\Delta h_\alpha$  от влияния наклона сварочного трактора, а, следовательно, и от перемещения электрода относительно оси корпуса аппарата, определяется соотношением площадей провара и наплыва расплавленного металла при стекании.

На основе исследования микрошлифов сварных швов получены значения изменения глубины провара для рассматриваемых типов сварных швов:  $\Delta h_\alpha = (0,75-1,82)$  мм или  $(0,15-0,19)h$ .

Величина отклонения сварочного трактора относительно оси стыкового соединения определяет точность направления электрода по оси стыка, и, как указывается в многочисленных трудах исследователей, является действенным фактором значительного изменения ширины и глубины провара стыкового соединения.

Кроме того, отклонение сварочного трактора от оси кольцевого сварного соединения является единственным из возмущающих факторов, оказывающих влияние на качественное формирование кольцевого соединения, значения которого не регламентируется нормативно-технической документацией.

Нами проведены исследования закономерностей отклонения сварочного трактора от оси кольцевого стыкового соединения и его влияния на ширину сварного соединения и глубину провара стыка.

Двухсторонние сварные соединения, выполненные под флюсом сварочным трактором при изготовлении корпусов аппаратов, характеризуются чашеобразной формой, очертание зоны которого (рис. 1) может быть аппроксимировано уравнением следующего вида:

$$y = ax^n,$$

где  $a$  и  $n$  – параметры, характеризующие размеры и форму сварного соединения:  $a = \left(\frac{2}{L}\right)^n h$ .

Результаты исследований показывают, что значения отклонений сварочного трактора от оси кольцевого соединения достигают значительных

величин и находятся в следующих пределах  $x = (0,2-0,45)s$  при рассматриваемых значениях толщины стенки соединений  $s = 8-20$  мм.

При больших углах наклона сварочного трактора относительно горизонтальной плоскости нарушается качественное формирование кольцевого сварного соединения вследствие изменения ширины сварного соединения за счет подтекания жидкого металла при спуске и из-за непроваров и подрезов по кромкам при подъеме сварочной установки.

Проведенные исследования позволили установить зависимость изменения глубины провара кольцевого соединения при отклонении сварочного трактора от горизонтальной плоскости, которая имеет следующий вид:

$$\Delta h_{\alpha} = K_{\alpha} S,$$

где  $K_{\alpha}$  коэффициент, характеризующий качественное формирование кольцевого соединения в продольном направлении в зависимости от угла базирования сварочного трактора.

$$K_{\alpha} = \Delta l / 2 \pi D = \alpha / 180^{\circ},$$

где  $D$  и  $\Delta l$  – соответственно, диаметр и длина части периметра, соответствующая данному значению отклонения сварочного трактора относительно горизонтальной плоскости при определенном угле базирования  $\alpha$  сварочного устройства.

Установлено, что значения коэффициента  $K_{\alpha}$  для качественного формирования кольцевого сварного соединения находятся в пределах  $K_{\alpha} = 0-0,028$ ; что соответствует наклону сварочного аппарата относительно горизонтальной плоскости в пределах  $\alpha = 0-5^{\circ}$ .

**Третья глава** посвящена разработке математической модели для определения допустимых значений отклонений сварочного трактора от оси стыкового соединения, позволяющих обеспечить качественное формирование кольцевых соединений с учетом возмущающих факторов.

С учетом проведенных исследований влияния конструктивных и технологических параметров сформулирована математическая модель для определения допустимых значений отклонения сварочного трактора от оси

стыкового соединения  $X_{дон}$ , позволяющих обеспечить качественное формирование кольцевого соединения с учетом реальных значений смещения кромок, зазора и кривизны поверхности замыкающего днища аппарата, которая имеет следующий вид:

$$X_{дон}(s, C, \Delta L_T, \Delta h_k, n) = \frac{L - \Delta L_T}{2} \left( 1 - \frac{s + c}{2(h - \Delta h_k + 0,5c)} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (3)$$

где  $\Delta L_T$  – изменение ширины сварного соединения от влияния технологических параметров, мм;

$\Delta h_k$  – изменение глубины провара от влияния смещения кромок, зазора и наклона сварочного трактора относительно горизонтальной плоскости, мм.

Таким образом,  $\Delta h_k = (\Delta h_T + \Delta h_b + \Delta h_a)$ .

$n$  – коэффициент, характеризующий форму сварного соединения.

Граничные условия данной модели имеют следующий вид:

$$\begin{cases} 1 - \frac{s + c}{2(h - \Delta h_k + 0,5c)} > 0, \\ h - \Delta h_k + 0,5c \neq 0, \\ h > \Delta h_k; \end{cases} \begin{cases} \frac{s + c}{2(h - \Delta h_k + 0,5c)} < 1, \\ h \neq \Delta h_k - 0,5c, \\ h > \Delta h_k; \end{cases} \begin{cases} s + c < 2(h - \Delta h_k + 0,5c), \\ h \neq \Delta h_k - 0,5c, \\ h > \Delta h_k. \end{cases} \quad (4)$$

При  $n$  – нечетное число, условия (4) ограничиваются системой:

$$\begin{cases} h - \Delta h_k + 0,5c \neq 0, \\ h > \Delta h_k. \end{cases} \quad (5)$$

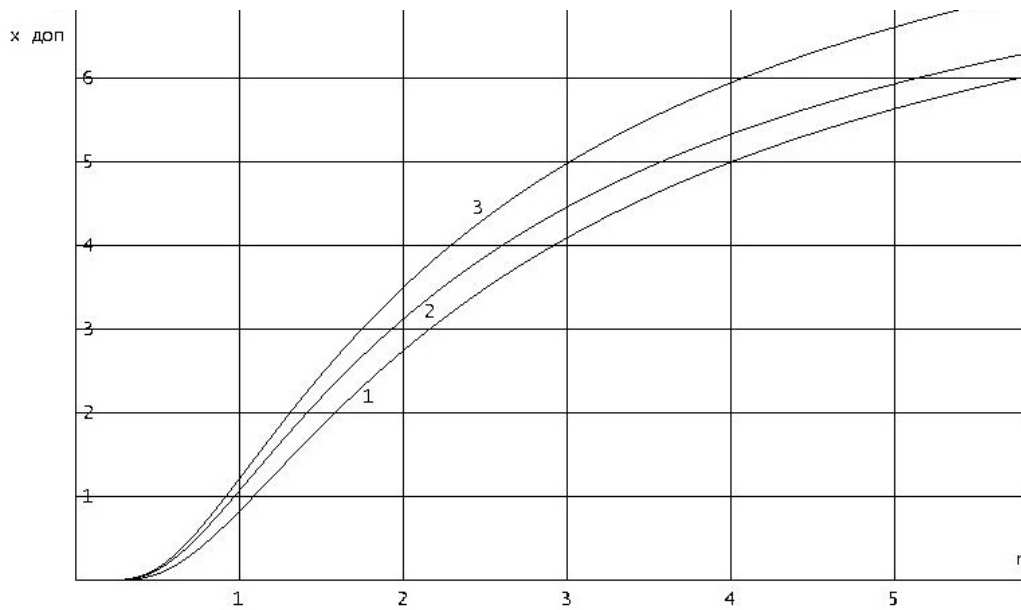
При помощи данной модели получена зависимость допустимых значений отклонений сварочного трактора от коэффициента сварного шва, значение которого приведены на рис. 2.

Как видно из графиков, для больших толщин  $s$  допускаются большие отклонения сварочного трактора  $x_{дон}$ .

Для большинства практических случаев значение  $n$  находится в интервале:

$$1 \leq n \leq 2,4. \quad (5)$$

При выполнении расчетов допустимых значений  $x_{дон}$  от влияния возмущающих факторов приняли среднее значение  $n = 1,5$ .



1 – для  $s=10$  мм,  $L=20$ ,  $h=7$  мм,  $\Delta h_k=1,4$  мм;

2 – для  $s=16$  мм,  $L=20$ ,  $h=11,2$  мм,  $\Delta h_k=2,0$  мм;

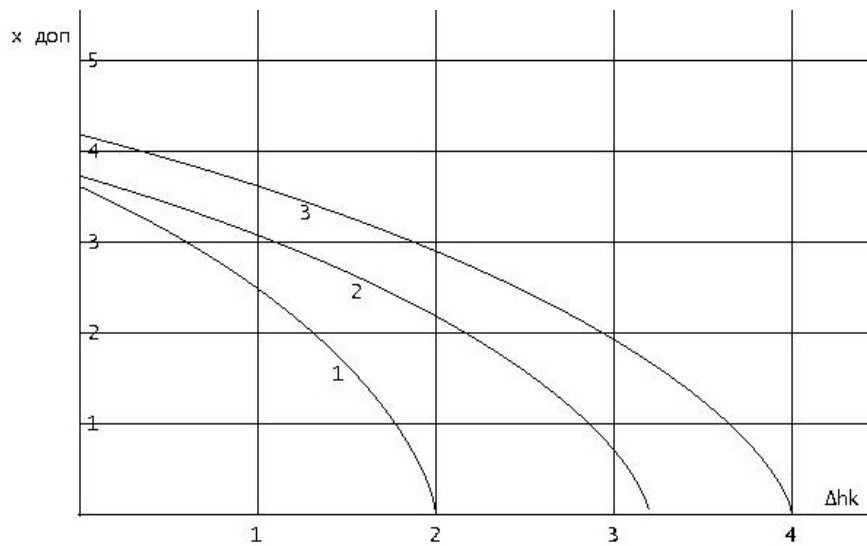
3 – для  $s=20$  мм,  $L=22$ ,  $h=14$  мм,  $\Delta h_k=2,5$  мм.

Рис. 2. Зависимость допустимых значений отклонения сварочного трактора от коэффициента формы сварного соединения

Графики, характеризующие зависимость допустимых значений  $x_{доп}$  от изменения глубины провара соединения, от смещения кромок, изменения ширины и толщины сварного соединения приведены на рис. 3-6.

Графики, приведенные на рис. 3 показывают, что чем больше изменение глубины провара соединения  $\Delta h_k$ , тем меньше допустимое отклонение сварочного трактора относительно от оси стыка. Максимально возможные отклонения  $x_{доп}$  достигаются при  $\Delta h_k=0$ . Для больших толщин  $s$  допустимы большие значения  $x_{доп}$ .

При определенных значениях изменения  $\Delta h_k$  отклонения сварочного трактора от оси стыкового соединения не допускаются ( $x_{доп}=0$ )



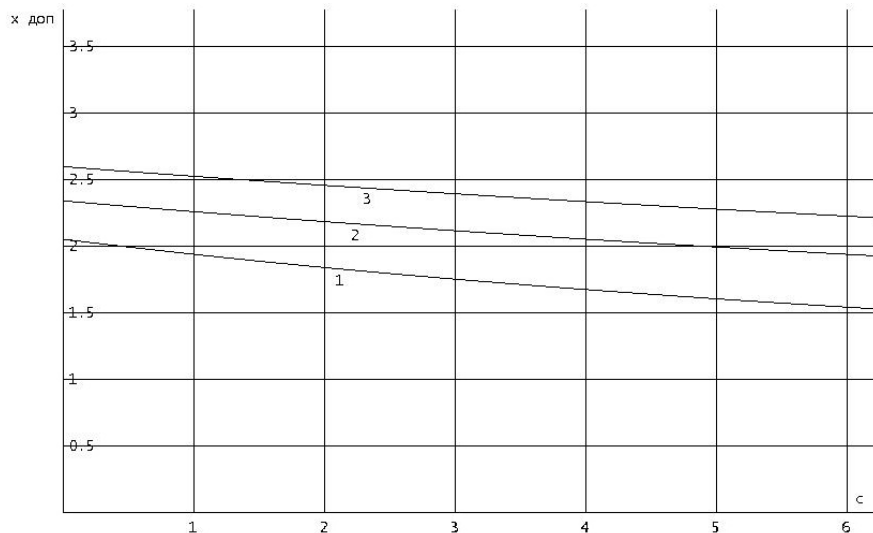
1 – для  $s=10$  мм,  $L=20$ ,  $h=7$  мм;

2 – для  $s=16$  мм,  $L=20$ ,  $h=11,2$  мм;

3 – для  $s=20$  мм,  $L=22$ ,  $h=14$  мм.

Рис. 3. Зависимость допустимых значений отклонения сварочного трактора от изменения глубины провара соединения

Из рис. 4 видно, что чем больше смещение кромок, тем меньше значение  $x_{доп}$ . Для больших толщин  $s$  допустимы большие значения электрода  $x_{доп}$ .



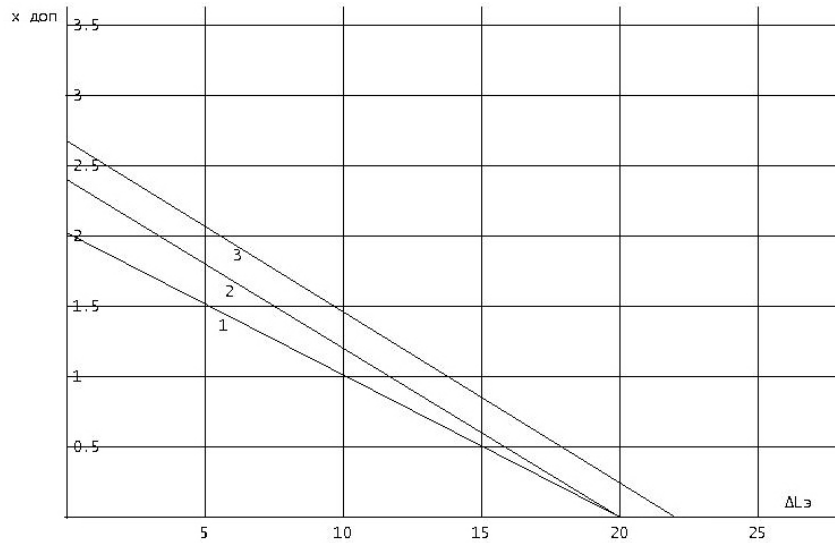
1 – для  $s=10$  мм,  $L=20$ ,  $h=7$  мм,  $\Delta h_k=1,4$  мм;

2 – для  $s=16$  мм,  $L=20$ ,  $h=11,2$  мм,  $\Delta h_k=2,0$  мм;

3 – для  $s=20$  мм,  $L=22$ ,  $h=14$  мм,  $\Delta h_k=2,5$  мм.

Рис. 4. Зависимость допустимых значений отклонения сварочного трактора от смещения кромок

Результаты исследований, приведенных на рис. 5 показывают, что чем меньше изменение ширины сварного соединения, тем больше допустимое значение отклонения сварочного трактора от оси стыка.

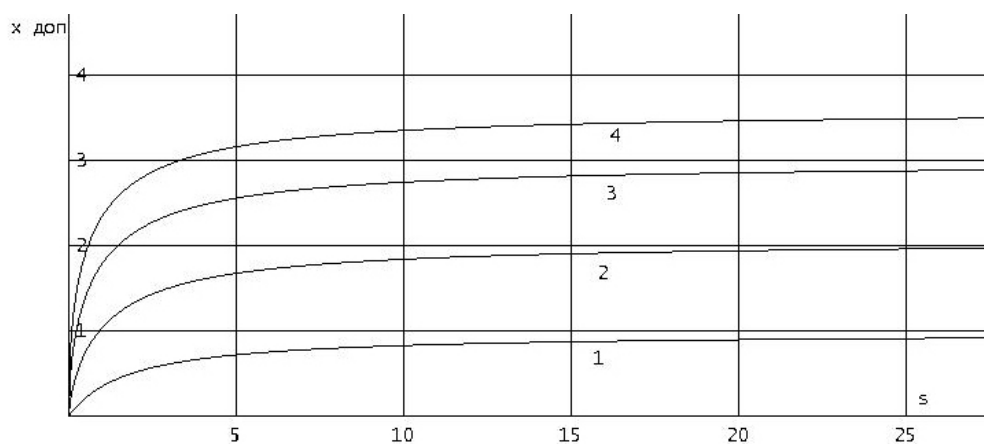


1 – для  $s=10$  мм,  $L=20$ ,  $h=7$  мм,  $\Delta h_k=1,4$  мм;

2 – для  $s=16$  мм,  $L=20$ ,  $h=11,2$  мм,  $\Delta h_k=2,0$  мм;

3 – для  $s=20$  мм,  $L=22$ ,  $h=14$  мм,  $\Delta h_k=2,5$  мм.

Рис. 5. Зависимость допустимых значений отклонения сварочного трактора от изменения ширины сварного соединения



1 – для  $n=1$ ; 2 – для  $n=1,5$ ; 3 – для  $n=2$ ; 4 – для  $n=2,4$ .

Рис. 6. Зависимость допустимых значений отклонения сварочного трактора от изменения толщины сварного соединения

**Четвертая глава** посвящена разработке технологической системы изготовления замыкающих кольцевых соединений аппаратов (ТС ИКС) для переработки нефти и газа.

Формирование ТС ИКС осуществлялось в блочно-модульном исполнении с соблюдением принципов системности, оптимальности, преемственности, адаптации и достижением взаимного соответствия технологического процесса изготовления, средств технологического оснащения (СТО) и персонала.

С точки зрения обеспечения качества формирования кольцевого сварного соединения, наибольший интерес представляет собой оценка соответствия технологического процесса и СТО требованиям точности и себестоимости, с учетом имеющегося производственного опыта, результатов исследований и испытаний.

Поэтому сформулированы и определены требования в отношении отдельных операций технологического процесса, блоков и модулей системы приведенные в разработанном алгоритме (рис. 7).

Разработанный технологический процесс был апробирован в производственных условиях при изготовлении аппаратов диаметром  $Dв=2400$  мм и толщиной  $s=20$  мм.

С целью определения эффективности разработанной технологии изготовления кольцевых соединений были проведены замеры значений ширины и усиления сварного соединения по периметру.

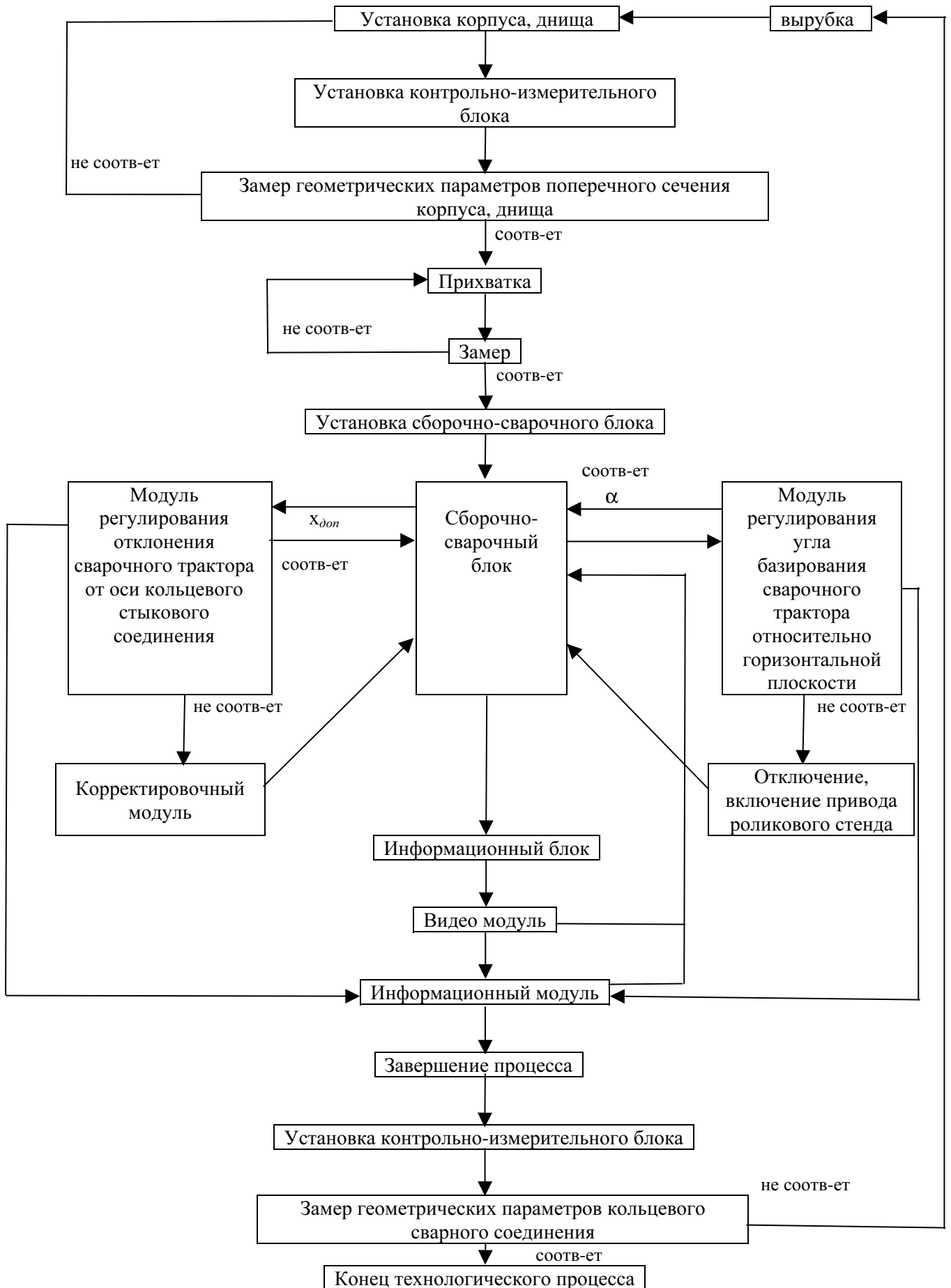


Рис. 7. Алгоритм реализации технологического процесса изготовления замыкающих кольцевых соединений аппаратуры

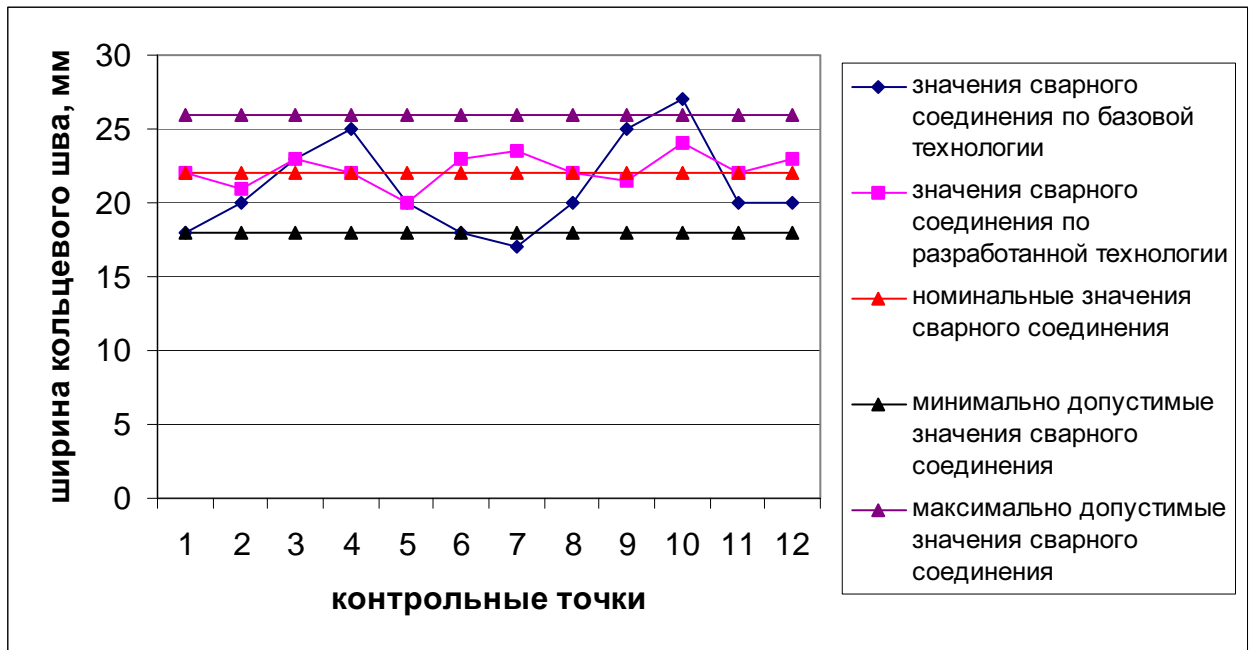


Рис. 8. График изменения значений ширины сварного шва по периметру кольцевого соединения

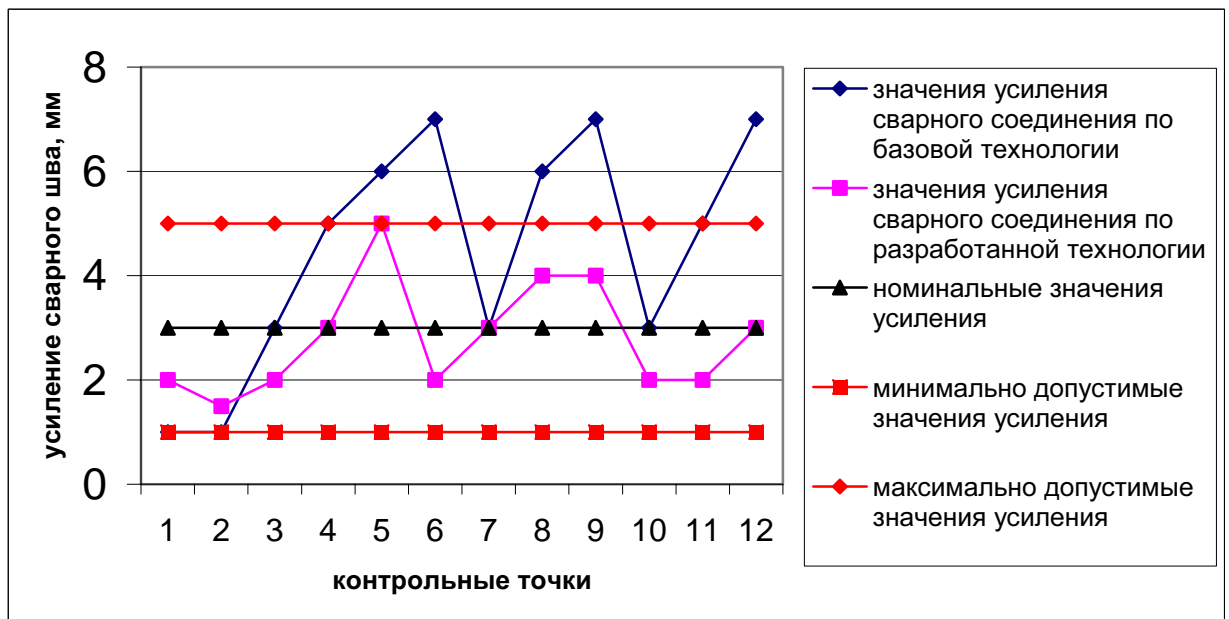


Рис. 9. График изменения значений усиления сварного шва по периметру кольцевого соединения

Результаты замеров, приведенные на рис. 8 и 9, показывают значительное сужение поля технологических допусков. Так, разброс усиления и ширины сварных соединений уменьшился в среднем на 14% и 11%.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Функциональный анализ точности геометрических размеров поперечных сечений кольцевых соединений аппаратуры показал, что технологические допуски корпусов и днищ, изготавливаемых разнородными технологическими процессами, превышают функциональные, установленные нормативно-технической документацией, в 1-1,5 раза. Это способствует появлению смещения кромок и зазора, которые снижают качество изготовления замыкающих кольцевых соединений, и приводят к нерациональной организации сборочно-сварочных операций с большим объемом пригоночно-доделочных работ, достигающих 30-40% трудоемкости производства аппаратуры.

2. Проведенными теоретическими и экспериментальными исследованиями установлены закономерности влияния возмущающих факторов конструктивного и технологического происхождений на отклонение сварочного трактора от оси стыкового соединения, характеризующего качество формирования кольцевых соединений корпусов аппаратов.

3. Разработана математическая модель для определения допустимых значений отклонения сварочного трактора от оси стыкового соединения, обеспечивающих качественное формирование кольцевого соединения с учетом отрицательного влияния смещения кромок, зазора и кривизны поверхности замыкающего днища аппарата.

4. На основе полученных результатов предложен научно-методический подход качественного изготовления замыкающих кольцевых соединений корпусов аппаратов, заключающийся в регулировании отклонения сварочного трактора от оси стыка в поперечном направлении и корректировке его хода в продольном направлении стыкового соединения в зависимости от угла базирования относительно горизонтальной плоскости.

5. Разработана технологическая система изготовления стыковых соединений, позволяющая обеспечить качественное формирование замыкающих кольцевых соединений, повысить технологичность

производства аппаратуры за счет механизации и автоматизации сборочно-сварочных операций и вывода из производственной зоны операторов. Создан алгоритм реализации технологического процесса изготовления замыкающих кольцевых соединений аппаратуры. Внедрение данной технологической системы позволяет уменьшить трудоемкость сборочно-сварочных работ на 30-40%.

6. По результатам исследований совместно с ВНИИНЕФТЕМАШ (г. Москва) разработана технологическая инструкция по блочно-модульной технологической системе изготовления и ремонта кольцевых соединений корпусов аппаратов для переработки нефти и газа.

7. Созданные средства технологического оснащения в виде сборочно-сварочных и контрольно-измерительных блоков, модулей регулирования отклонения сварочного трактора в поперечном и продольном направлениях кольцевого соединения прошли апробирование на производстве и приняты к внедрению в ОАО "Туймазыхиммаш" и Бугульминском механическом заводе ОАО «Татнефть».

#### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Абдеев Р.Г., Рыскулов Р.Г., Ризванов Р.Г., Абдюков А.Р. Повышение долговечности и работоспособности корпусов содовых печей обеспечением точности и взаимозаменяемости базовых деталей при сборке на стадии ремонта // Обеспечение работоспособности нефтяной аппаратуры: Сб. науч. ст. – Уфа: БашНИИстрой, 1999. – С.9-13.

2. Ризванов Р.Г., Абдеев Р.Г., Абдюков А.Р., Файрушин А.М. Автоматизация процесса сварки кольцевых швов нефтехимических аппаратов // Транспортировка нефти и газа (техническая диагностика и ресурс): Материалы Конгресса нефтегазопромышленников России. – Уфа: Транстек, 2000. – С. 106-110.

3. Абдюков А.Р., Файрушин А.М., Ризванов Р.Г., Абдеев Р.Г. Повышение качества кольцевых швов корпусов сосудов и аппаратов модернизацией сварочного стенда // Молодые ученые – новому тысячелетию: Сб. науч. ст. респуб. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Уфа: УТИС, 2000. – С. 132-136.

4. Ризванов Р.Г., Абдеев Р.Г., Абдюков А.Р., Файрушин А.М. Повышение качества кольцевых стыковых соединений корпусов нефтехимических аппаратов автоматизацией управления сварочным

стендом// Наука и технология углеводородных дисперсных систем: Материалы II Международного симпозиума. – Уфа: ГИИТЛ «Реактив», 2000. – Т.2. – С.205-206.

5. Абдеев Р.Г., Ризванов Р.Г., Файрушин А.М., Абдюков А.Р., Кузнецов Д.Б. Повышение качества изготовления сварных корпусов нефтехимических аппаратов // Сварка Урала – 2001: Материалы 20-й науч.-техн. конф. сварщиков Урала (27 февраля – 2 марта 2001 г.). Нижний Тагил, – С. 85 – 86.

6. Абдюков А.Р., Ризванов Р.Г., Абдеев Р.Г., Забатурин А.М., Файрушин А.М. Обеспечение качества изготовления кольцевых соединений нефтехимической аппаратуры // Новые разработки в химическом и нефтяном машиностроении: Материалы II науч.-практ. конф. – Туймазы: Уралтехнострой –Туймазыхиммаш, 2003. – С. 119-120.

7. Абдеев Р.Г., Инсафутдинов А.Ф., Абдюков А.Р., Теляев Р.Ф., Гарифуллин Р.Х. Технологическое оборудование машиностроительных заводов, изготавливающих аппаратуру для предприятий повышенной опасности: Учеб. пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. – 48с.

8. Абдюков А.Р., Ризванов Р.Г., Абдеев Р.Г. Усовершенствование сварочного трактора для сварки кольцевых соединений нефтехимической аппаратуры // Проблемы нефти и газа: III конгресс нефтегазопромышленников России. Секция Н (23-25 мая 2001 г.). – Уфа, 2001.– Сб. науч. тр. – Уфа: Реактив, 2001. – С. 324.

9. Абдюков А.Р., Абдеев Р.Г., Ризванов Р.Г. Автоматизация процесса сварки кольцевых швов нефтехимических аппаратов // Республиканский конкурс научных работ студентов вузов 2000 г.: Сб. материалов. – Уфа, 2000. – С. 45.

10. Абдюков А.Р., Садыков А.Р., Махмутов Н.М., Абдеев Р.Г. Разработка системы механизации операций сварки и технического контроля изготовления нефтегазового оборудования // Реновация: отходы-технологии-доходы: Сб. тез. Всерос. науч.-практ. конф.(26-28 мая 2004г.). – Уфа, 2004.- С.203.

11. Рыскулов Д.Р., Абдюков А.Р., Абдеев Р.Г. Технологическая система механизированной сборки, сварки и технического контроля кольцевых соединений базовых деталей нефтегазовых сепараторов // Реновация: отходы-технологии-доходы: Сб. тез. Всерос. науч.-практ. конф. (26-28 мая 2004г.). – Уфа, 2004: – С. 203.

12. Пат. № 2224629 РФ. Сварочный трактор и способ сварки кольцевых швов изделий сварочным трактором/ Р.Г Ризванов, Р.Г Абдеев, А.Р Абдюков, РФ Теляев. // Изобретения. – 2004. – № 12.

Автор выражает глубокую благодарность д.т.н. Бакиеву А.В., и Ризванову Р.Г., к.т.н. Рыскулову Р.Г., Шарипову И.К. и Файрушину А.М. за участие в постановке целей исследования и обсуждении результатов работы, а также Семинидо Б.Е., Большакову В.Н. и сотрудникам кафедры технологии нефтяного аппаратостроения УГНТУ за помощь, оказанную при проведении исследований и промышленных испытаний.