

На правах рукописи

ШЕНКНЕХТ АЛЕКСАНДР ИОГАНОВИЧ

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПРИГОННОЙ СБОРКИ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ
СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ПОВЫШЕНИЕМ ТОЧНОСТИ ДНИЩ**

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Уфа 2002

Работа выполнена в ОАО « Салаватнефтемаш » и Уфимском государственном нефтяном техническом университете

Научный руководитель - *доктор технических наук*
Абдеев Р.Г.

Официальные оппоненты - *доктор технических наук, доцент*
Гареев А.Г.

- *кандидат технических наук, с.н.с*
Сельский Б.Е.

Ведущее предприятие - Башкирский научно-исследовательский институт нефтяного машиностроения
(БашНИИНефтемаш) г. Уфа.

Защита состоится « 20 » февраля 2002г.в 16-00 часов на заседании диссертационного совета Д212.289.05 при Уфимском государственном нефтяном техническом университете по адресу: 450062, г.Уфа, ул. Космонавтов, 1.

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

Автореферат разослан «18» января 2002 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

Ибрагимов И.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Объективно складывающиеся особенности и тенденции развития нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслей промышленности, выразившиеся в интенсификации процессов за счет использования высоких давлений и температур, повышения агрессивности рабочих сред, значительно усложнили условия работы колонной, емкостной и теплообменной аппаратуры. Дальнейшее развитие данных отраслей промышленности тесно связано с проблемой обеспечения качества аппаратуры.

Возрастающая роль повышения качества аппаратуры как объективного требования интенсификации процессов сепарации в условиях рыночной экономики наряду с эксплуатационными показателями в значительной степени определяется техническим уровнем производства.

Отсутствие единой конструкторско-технологической базы при сборке базовых деталей (днищ, корпусов, насадок) приводит к большим затратам материальных, трудовых и энергетических ресурсов при эксплуатационном обслуживании сепараторов нефтегазохимических процессов.

Поэтому повышение точности днищ, определяющих технический уровень производства и трудоемкость изготовления и технического обслуживания сепараторов, является актуальной задачей.

Работа выполнена в соответствии с научно-исследовательской темой 25-11-2096 "Комплексная программа научно-исследовательских, конструкторско-технологических работ, направленных на повышение качества, функционирования, долговечности и снижение трудоемкости изготовления машин и аппаратов нефтегазохимических производств" Министерства химического и нефтяного машиностроения СССР на 1990-1994 годы и Государственной научно-технической программой АН РБ "Проблемы машиноведения, конструкционных материалов и технологий" по теме 5.-Т.-1.3.1 "Разработка методов

оценки технологичности и взаимозаменяемости соединений базовых деталей сложно-нагруженной нефтяной и химической аппаратуры" на 1996-1998 гг.

Цель работы

Обеспечение качества функционирования сепараторов для переработки углеводородного сырья за счет достижения беспригонной сборки базовых деталей повышением точности днищ.

Основные задачи исследования:

1. Исследование технического состояния качества функционирования сепараторов с учетом эксплуатационной ситуации.
2. Функциональный анализ точности соединений базовых деталей сепараторов.
3. Разработка улучшающей технологии изготовления высокоточных днищ из низколегированных сталей.
4. Создание комплекса технологического обеспечения качества функционирования сепараторов путем разработки управляющего воздействия в виде технологической системы беспригонной сборки базовых деталей при изготовлении и техническом обслуживании.

Научная новизна

1. Разработана математическая модель регулирования точности днищ, позволяющая обеспечить беспригонную сборку насадок сепаратора с корпусом достижением взаимозаменяемости днищ при изготовлении.

2. Установлены закономерности изменения температурно-временных и конструктивно-геометрических параметров горячей штамповки, позволяющие разработать новый способ изготовления высокоточных днищ из низколегированных сталей типа 09Г2С с улучшенными механическими свойствами.

3. Осуществлен синтез конструктивных параметров водоохлаждаемой штамповой оснастки разъемного исполнения для изготовления днищ повышенной точности, учитывающий интенсивность охлаждения и функциональные допуски на геометрические размеры заготовок днищ.

Практическая ценность

Созданный комплекс информационно-конструкторского и технологического обеспечения беспригонной сборки днищ и насадок с корпусами сепараторов позволяет уменьшить трудоемкость сборочных работ при изготовлении и техническом обслуживании на 30 – 40 %

Использование улучшающей технологии изготовления высокоточных днищ из низколегированных сталей регулированием термических циклов штамповки, позволяет повысить точность днищ по форме и размерам в 5 – 10 раз и уменьшить металлоемкость заготовок на 8 – 10 %, за счет улучшения механических свойств.

Разъемное исполнение конструкции водоохлаждаемой штамповой оснастки позволяет облегчить съем отштампованного днища с оснастки.

Результаты работы были использованы при разработке стандарта предприятия ОАО «Саалаватнефтемаш» СТП 0387-256-00 «Технологический процесс изготовления взаимозаменяемых днищ с применением водоохлаждаемых конструкций штампов» и методического руководства для ОАО «ВНИИПТ-химнефтеаппаратуры» «Методика расчета конструктивных размеров штамповой оснастки и технологических параметров производства высокоточных днищ».

Апробация работы

Основные положения и результаты работы за период с 1986 по 2001 годы докладывались на всесоюзных, российских и республиканских конференциях, на научно-технических семинарах кафедры "Технология нефтяного аппаратостроения" Уфимского государственного нефтяного технического университета, в том числе на Всесоюзном научно-техническом совещании Главного технического управления Министерства химического и нефтяного машиностроения "Прогрессивная технология изготовления высокоточных штампованных днищ" (г. Салават, 1986 г.); Республиканской научно-технической конференции "Вклад молодежи Башкирии в решение комплексных проблем нефти и газа" (г. Уфа, 1993 г.); Всероссийской научно-технической конференции "Прогрессивные технологические процессы, оборудование и оснастка для

штамповочного производства" (г. Пенза, 1997 г.); на III Конгрессе нефтегазо-промышленников России (Уфа, 2001г.)

Публикации

Основное содержание диссертации отражено в 12 печатных работах, в том числе 2 монографиях и брошюрах, 2 авторских свидетельствах и патентах на изобретение.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка использованных источников из 185 наименований и приложений. Общий объем работы 129 страниц, включая 78 страниц машинописного текста, 35 рисунков, 7 таблиц и 9 страниц приложений.

Автор выражает глубокую благодарность д.т.н., профессору, засл. деятелю науки и техники РФ Бакиеву А.В. и к.т.н., доценту Ризванову Р.Г. за участие в постановке цели исследований и обсуждении результатов работы, а также сотрудникам кафедры технологии нефтяного аппаратостроения УГНТУ, инженерно-техническим работникам ОАО «Салаватнефтемаш» за помощь, оказанную при проведении исследований, и опытно-промышленных испытаний, и плодотворные дискуссии при рассмотрении работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, поставлены цель и основные задачи, сформулирована научная новизна и обоснована практическая значимость проведенных исследований.

Первая глава посвящена технической характеристике сепараторов для переработки углеводородного сырья, определению особенностей производства и оценке состояния сборочных работ при эксплуатационном обслуживании сепараторов.

Анализ структуры работ при техническом обслуживании сепараторов нефтегазопереработки показывает, что основная доля непроизводительных пригоночно-доводочных работ приходится на операции замены насадок с фильтрующими устройствами.

Причиной данного обстоятельства является низкая точность изготовления днищ, прогнозировать которую практически не представляется возможным.

По указанной причине в настоящее время осуществляется нерациональная организация сборки базовых деталей сепараторов при изготовлении и техническом обслуживании по методу « формуляра ».

При этом величина длины развертки обечаек берется в зависимости от значения истинного диаметра днища. То есть мы имеем дело с индивидуальным способом изготовления обечаек. В этом случае нельзя говорить даже о селективной сборке аппарата, поскольку в реальных производственных условиях невозможно накопить достаточное количество днищ какого-либо определенного размера, чтобы они могли собираться с заранее изготовленной партией обечаек без дополнительной пригонки. Поэтому при сборке вначале подбираются два днища, близких по значению периметра, затем вальцуют обечайки с учетом разницы между значениями периметров первого и второго днища. То есть обечайки вальцуют с такими размерами, которые позволили бы распределить смещение кромок равномерно по всем кольцевым стыковым соединениям аппарата. Это приводит к отходу от принципа полной взаимозаменяемости, отсутствию единой конструкторско-технологической базы сборки нефтегазохимической аппаратуры.

Усугубляет не рациональную и не эффективную подготовку сборочного процесса тот факт, что предприятие-изготовитель или даже цех-изготовитель в данном предприятии не гарантируют какую-либо точность размеров днищ.

Поэтому результаты анализа структуры производства показывают, что доля пригоночно-доделочных работ при сборке кольцевых соединений "днище-обечайка" в несколько раз выше, чем соединения обечайки с обечайкой.

Данное обстоятельство выдвигает показатель технологичности, основным свойством которого является точность, в числе важнейших при повышении качества функционирования сепараторов.

Оценка технологичности кольцевых соединений базовых деталей сепаратора является сложной комплексной задачей, которую условно можно разделить на две части: оценка технологичности изготовления базовых деталей и сборки их соединений. Схема обеспечения качества функционирования сепараторов повышением технического уровня производства дниц приведена на рис.1.

В таком контексте и разрабатываются методы оценки технологичности сборки кольцевых соединений сепараторов.

В данной диссертационной работе повышение качества сепараторов обеспечивается достижением беспригонной сборки базовых деталей с взаимозаменяемыми дницами повышенной точности.

Вторая глава посвящена функционально-технологическому синтезу требований к точности кольцевых соединений сепараторов. Исследованы параметры точности нестандартных соединений дниц сепараторов и установлены оптимальные варианты их сборки.

Исследования охватывали анализ и синтез точности размеров поперечного сечения различных частей сепараторов по двум видам отклонений базового диаметра – собственно размера (периметра), отклонений формы в виде отклонений от круглости (овальность и огранка), а также смещение кромок и зазор в соединениях насадок с корпусом сепараторов, предназначенных для очистки газа от воды и других примесей в условиях Крайнего Севера (см. рис. 1).

Анализ функциональных допусков нестандартных соединений сепараторов показал, что существует большая неувязка допусков соединений (смещение кромок в стыковых и зазоры в цилиндрических соединениях) с допусками на базовые детали (отклонения диаметра, овальность).

Анализ и синтез точности корпусов в поперечном сечении предусматривал исследование правильного представления о законах распределения по-

грешностей формы для технологического обеспечения точности нестандартных соединений сепараторов. В качестве основного приема вычислительного эксперимента применяли разложение функции погрешности профиля в тригонометрический ряд Фурье для получения первичных слагаемых погрешностей формы. Расчет точности диаметра, с учетом перечисленных отклонений, проведен по результатам вычислительного и натурального экспериментов.



Рис. 1. Схема обеспечения качества функционирования сепараторов

Погрешности размеров днищ сепараторов и его соединений закладываются на стадии проектирования, назначением функциональных допусков (разрешенных погрешностей) на основные параметры, названные в работе нормируемыми (рис.2).

Функциональные допуски на нормируемые параметры рассматриваемых в работе соединений назначаются исходя из условия обеспечения качественного функционирования аппаратуры. Назначение допусков на отклонения размеров и формы и других базовых деталей осуществляется исходя из технического уровня производства. Технологические допуски нормируемых параметров (действительные величины погрешностей) возникают на стадии изготовления и сборки.

Исследования технологических допусков показывают, что некруглость корпусов характеризуется не только овальностью, но и огранкой. Величины некруглостей превосходят значение $0,5 \% D_v$. Действительные значения смещений кромок на внутренней поверхности кольцевых соединений корпусов сепараторов достигают значений 10-15 мм, превышая тем самым функциональные допуски в несколько раз.

Для обеспечения качества изготовления сепараторов разработан принцип системности и дано обоснование научно-методического подхода повышения точности днищ сепараторов по факторам точности в двух направлениях: информационное, связанное с математическим моделированием конструкторской точности, и технологическое, определившее системную концепцию технологического обеспечения точности, в разработанном автором технологическом процессе.

Точность и взаимозаменяемость днищ может быть достигнута взаимной увязкой функциональных допусков на стадии их назначения и согласованностью технологических допусков с функциональными при изготовлении.

Для обеспечения рациональной организации сборочного производства днищ с другими базовыми деталями сепараторов на принципах полной взаимозаменяемости нами предлагается нормировать предельные отклонения

днищ на стадии назначения функциональных допусков в зависимости от типа и назначения сепаратора (см. рис.2).

В третьей главе разрабатываются способы повышения размерной и структурной точности днищ с рациональным выбором температурно – временных, силовых и геометрических параметров штамповки днищ из низколегированных сталей.

Установлено, что основными факторами, оказывающими влияние на формирование размеров днищ, являются температурно-временные, силовые и конструктивно-геометрические, характеризующие множество параметров.

Таким образом, точность днищ является многопараметрической функцией, определяющейся следующим соотношением:

$$T_m = f(t, i, P, Q, \Gamma, K),$$

где t – температурный фактор, характеризующий температуру заготовок и штамповой оснастки; i – временный фактор, характеризующий продолжительность операции штамповки; P, Q – силовые параметры, характеризующие усилия вытяжки и прижима; Γ – геометрический фактор, характеризующий геометрические параметры штамповой оснастки; K – конструктивный фактор, характеризующий основные размеры заготовки и днища.

На основании промышленных исследований и расчетов сформулировано условие обеспечения точности диаметров днищ в зависимости от температурных параметров термических циклов штамповки (ТЦШ), имеющее следующий вид:

$$\delta D_B = (a + bt_{раз} - ct_{ку}) D_{нк} D_B,$$

где $D_{нк}$ – диаметр пуансона на уровне кромки днища; a, b, c – коэффициенты, учитывающие теплофизические свойства материала пуансона и днища, температуру окружающей среды. Они определяются из следующих соотношений:

$$a = 1 + (\alpha_d - \alpha_n - \alpha_n \cdot \alpha_n t_{cp}) t;$$

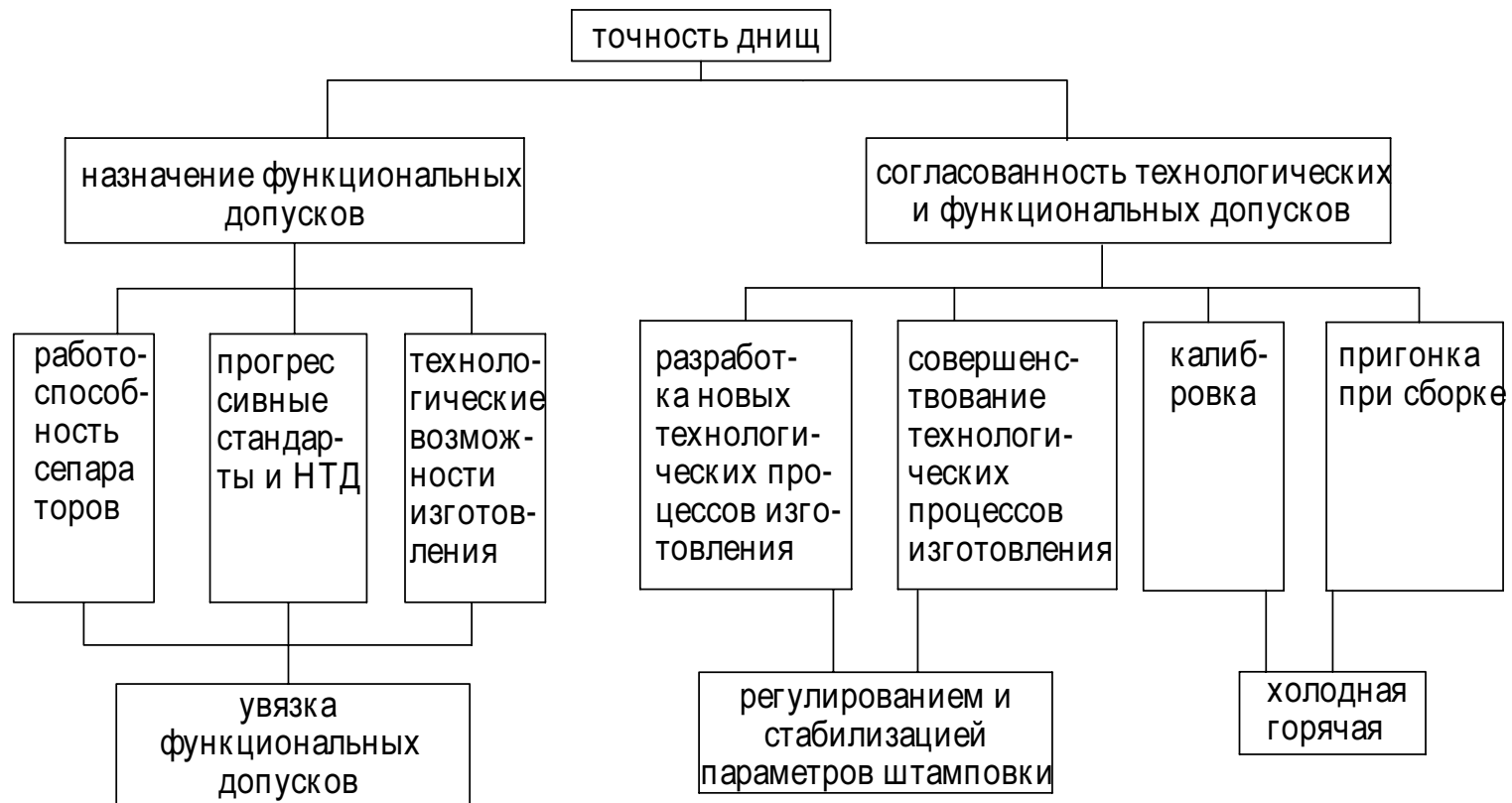


Рис. 2. Схема формирования конструкторской и технологической точности днищ сепараторов

$$b = \alpha_{\text{п}} (1 + \alpha_{\text{д}} \cdot t_{\text{ср}});$$

$$c = \alpha_{\text{д}} (1 - \alpha_{\text{д}} \cdot t_{\text{ср}}),$$

где $\alpha_{\text{д}}$ – среднее значение коэффициента термического сжатия материала днища для интервала температур $t_{\text{кш}} - t_{\text{ср}}$; $\alpha_{\text{п}}$ – среднее значение коэффициента теплового расширения материала пуансона для интервала температур $t_{\text{ср}} - t_{\text{р}}$; $t_{\text{ср}}$ – температура окружающей среды.

Целевая функция имеет следующий вид:

$$\sum \delta D_{B \rightarrow |2nS \rightarrow} | \min .$$

Граничными условиями являются:

$$0,5 t_{\text{пл}} \leq t_{\text{кш}} \leq 0,9 t_{\text{пл}}.$$

Данная математическая модель позволяет прогнозировать точность внутренних диаметров днищ в зависимости от формообразующих размеров и материала пуансонов при известных значениях температуры конца штамповки $t_{\text{кш}}$ и температуры заготовки $t_{\text{заг}}$, а также обеспечить точность днищ их регулированием (рис. 3).

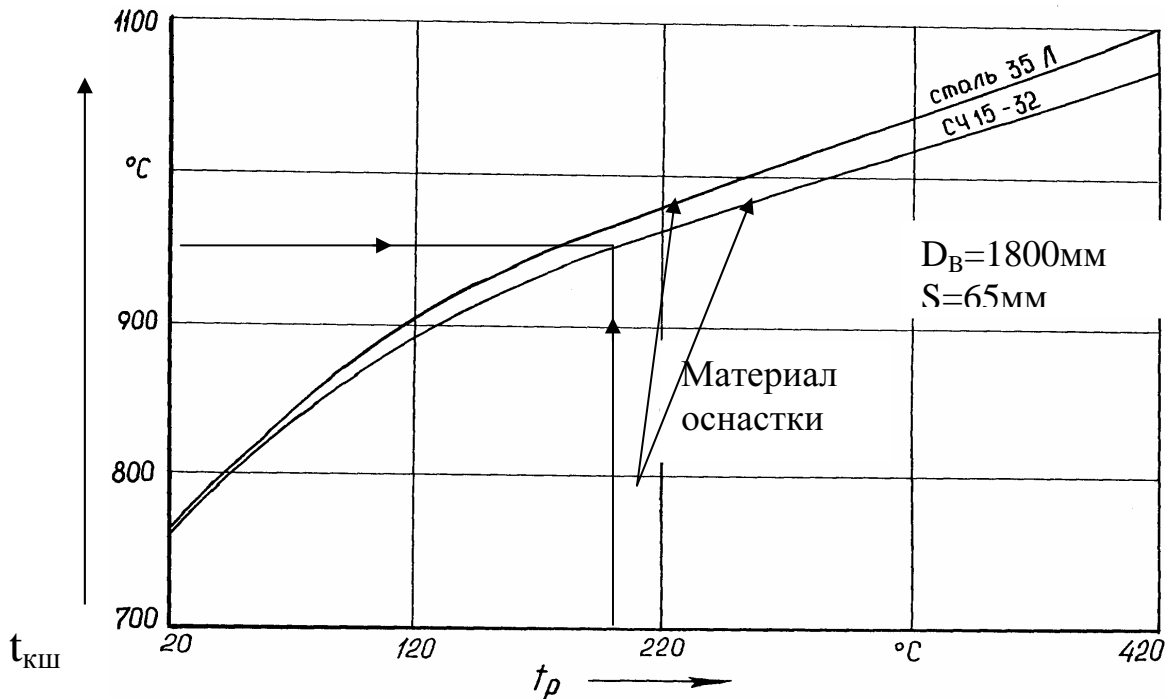


Рис. 3. Обеспечение точности днищ регулированием $t_{\text{р}}$ и $t_{\text{кш}}$

Установленные закономерности изменения температурных, силовых и геометрических параметров технологических процессов изготовления днищ различных толщин позволили теоретически обосновать номинальные значения формообразующих поверхностей штамповой оснастки.

Применение термоупроченного проката для изготовления днищ аппаратуры не нашло широкого применения вследствие производства их способом горячей вытяжки, в процессе которой ликвидируется эффект улучшения механических свойств.

Исследованиями установлено, что представляется возможность улучшения механических свойств низколегированных сталей типа 09Г2С в процессе изготовления регулированием и стабилизацией параметров ТЦШ.

Разработан способ производства высокоточных днищ с улучшенными механическими свойствами, основанный на ускоренном охлаждении с межкритического интервала температур (МКИ). Проведен полный цикл лабораторных и натурных исследований по оценки точности и механических свойств штампуемой стали по разработанной методике.

Сущность способа заключается в оптимизации температуры нагрева и улучшения механических свойств при ускоренном охлаждении с МКИ (закалка или нормализация). Реализация данного способа осуществляется с помощью устройства (рис. 4) с применением новой конструкции штамповой оснастки с разборным пуансоном, облегчающим съем штамповых днищ с формообразующей поверхности пуансона.

Способ реализуется следующим образом нагретая заготовка 1 доставляется рольгангом от печи к прессу и укладывается на зеркало матрицы 3. После центровки заготовки относительно оси матрицы начинается процесс вытяжки движением пуансона 5 вниз. Когда пуансон с отштампованным днищем 2 выедет из корпуса матрицы, они погружаются в закалочный бак, затем осуществляется подача сжатого воздуха в пневмозатвор 9 и опускается сектора-лепестки 6 на крышке бака для препятствия выхода пара через зазор между пуансоном и крышкой закалочного бака. Образующийся при закалке пар отво-

дится по паропроводу 9. Закалка производится непосредственно после окончания вытяжки фиксацией днища на формообразующей поверхности пуансона за счет использования тепла нагрева под штамповку. Подача хладагента в бак осуществляется по трубопроводу 7 тангенциально по окружности для создания вихревых потоков, которые препятствуют образованию паровой рубашки на поверхности охлаждаемого днища, что позволяет более эффективно производить закалку. После окончания охлаждения пуансон с днищем извлекаются из бака, под них закатывается тележка 12. По мере дальнейшего подъема пуансона днище упирается кромками в предварительно выдвинутые съемники, и снимается с него за счет разборного исполнения пуансона.

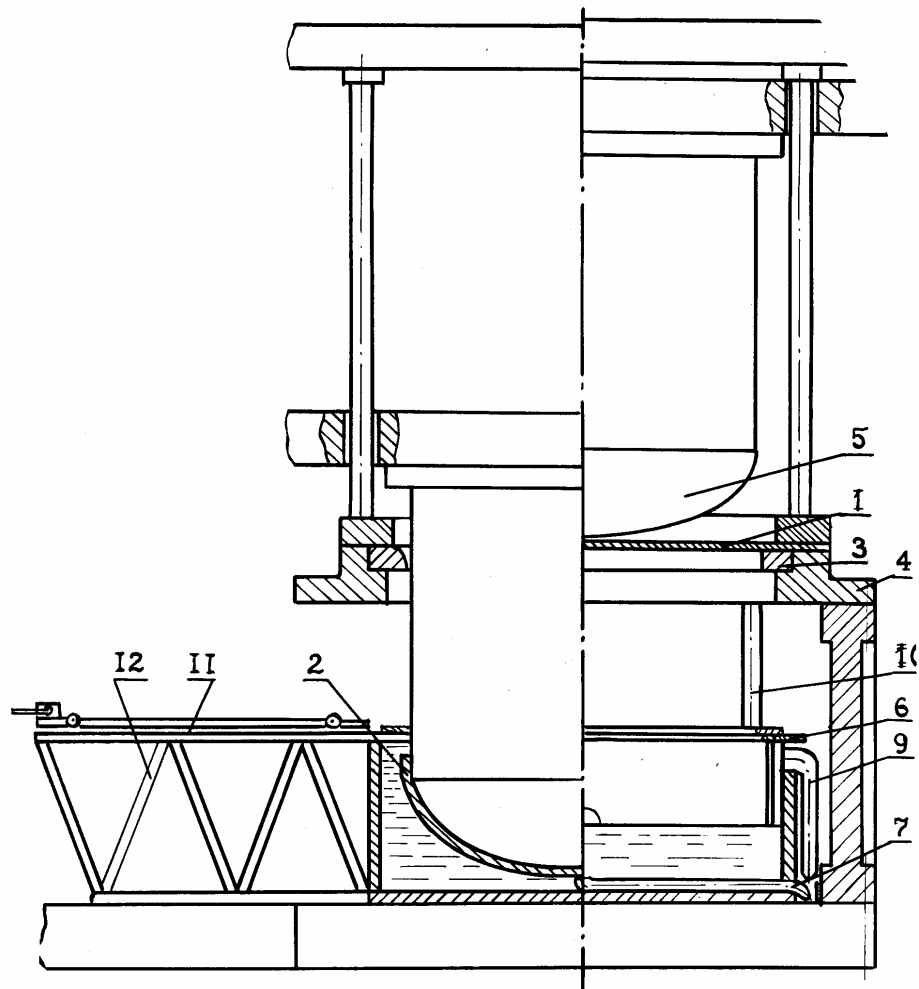
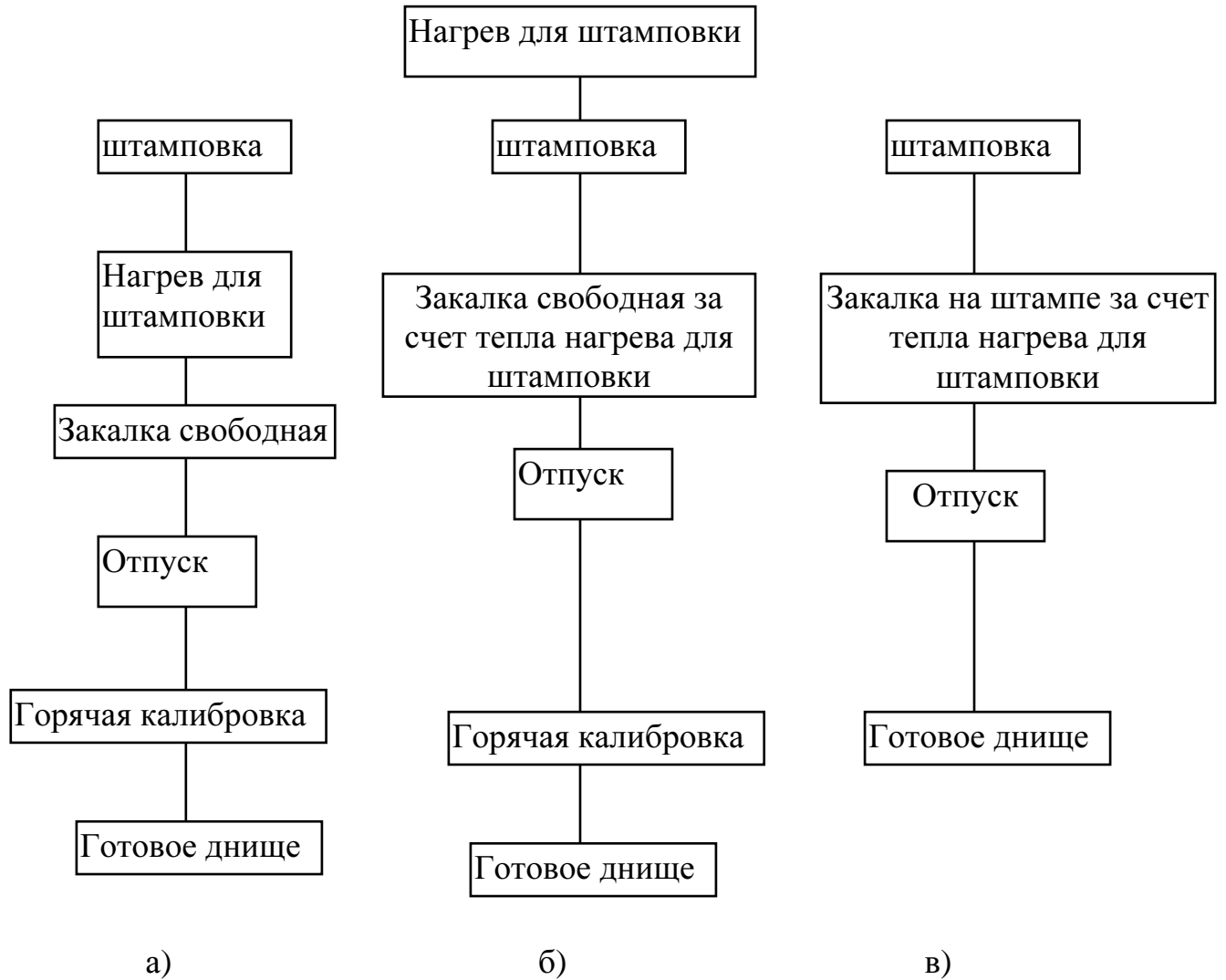


Рис. 4. Устройство для изготовления днищ с улучшенными механическими свойствами

Натурные испытания проводились с помощью опытно-промышленной штамповой оснастки для производства днищ с диаметром 1800 мм и толщиной 40 и 65 мм (рис. 5).



а, б – существующие способы

в - предлагаемый

Способы изготовления:

а – типовой; б – со свободной закалкой; в – с закалкой на штампе.

Рис.5. Основные операции и способы изготовления

С целью сравнительной оценки эффективности разработанного способа были изготовлены по 3 днища с $D_{в} = 1800$ мм и $S = 40$ и 65 мм из стали 09Г2С по ГОСТ 5520 следующими способами:

- типовому, когда отштампованные днища подвергаются нормализации при температуре окружающей среды (без дополнительного нагрева под нормализацию);

- свободной закалкой, когда отштампованное днище повторно нагревается под закалку, затем закаляется в закалочном баке;

- предлагаемому, когда закалка днища осуществляется в закалочном баке в зафиксированном на формообразующей части пуансона состоянии.

Основные операции способов изготовления и значения температурно-временных параметров технологического процесса приведены (см. рис. 5) и таблице.

Значения температурно-временных параметров технологического процесса изготовления днищ.

Температура нагрева, °С	950±500
Время выдержки при температуре нагрева, ч	0,5...0,6
Температура конца штамповки, °С	800...850
Продолжительность транспортных операций при штамповке:	
1) от печи по рольгангу к прессу	30...35 с
2) установка в штамп	10...15 с
3) продолжительность штамповки	40...50 с

Анализ результатов замеров показывает, что овальность диаметров днищ, изготовленных данным способом, уменьшилась в 10-15 раз, отсутствуют гофры и выпучины, также повысилась точность по диаметру в 5-10 раз, так как съём днищ с разъемного пуансона осуществляется в охлажденном виде, практически подвергаясь калибровке.

Проведенный комплекс исследований показывает, что механические свойства металла днищ, изготовленных разработанным способом, выше показателей нормативно-технических документов, и подтверждает возможность изготовления взаимозаменяемых днищ данным способом с регулированием и стабилизацией параметров ТЦШ (рис. 6).

Стабильность t достигается применением специальных устройств доставки и центровки заготовки на стол прессы, позволяющих также снизить металлоемкость днищ за счет уменьшения припуска на механическую обработку кромок заготовок и реализовать принципы полной механизации процесса штамповки.

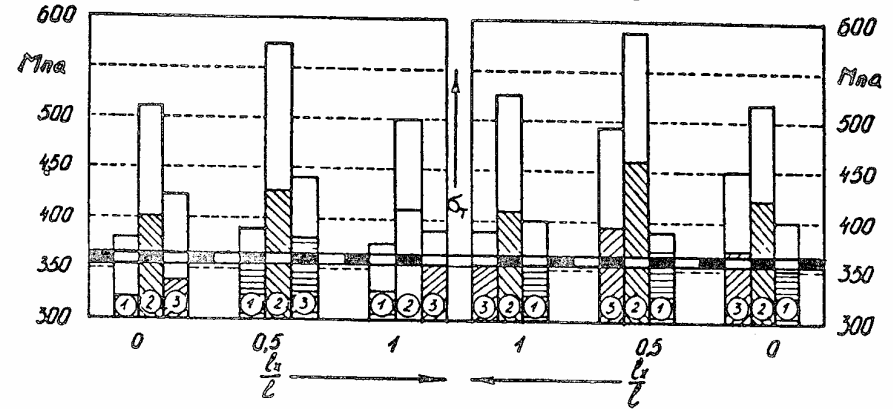
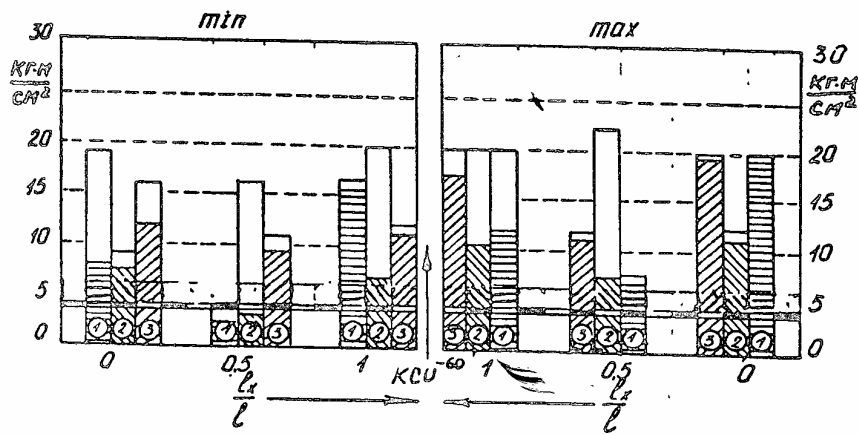
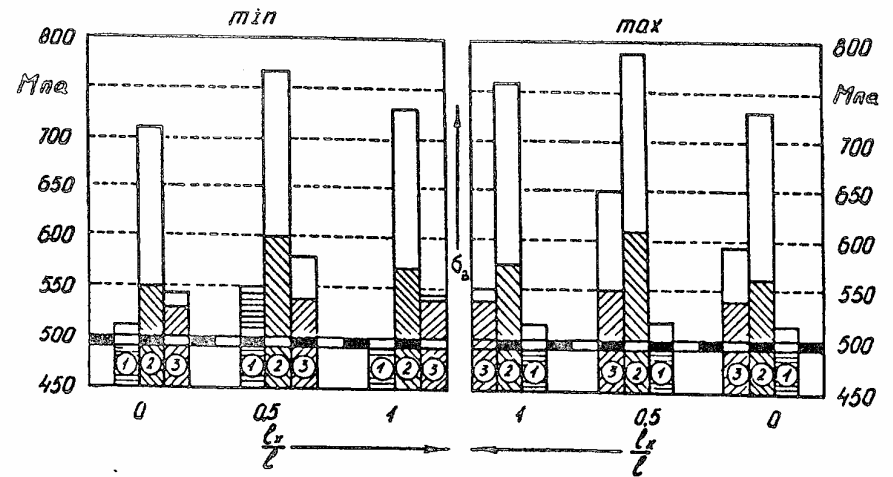
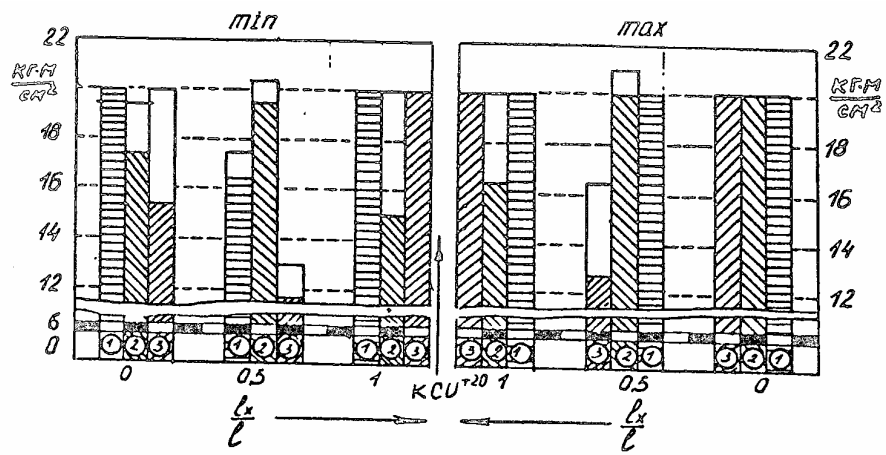
Четвертая глава посвящена технологическому обеспечению беспригонной сборки насадок и корпусов сепараторов.

На основе гармоничного анализа функции погрешности текущего размера дан новый метод расчета точности диаметра корпуса сепаратора, обосновывающий собираемость по принципу инверсии нестандартных соединений с зазором.

Результаты экспериментальных исследований позволили произвести рациональное нормирование параметров точности базовых деталей и разработать технологическую систему эксплуатационного обслуживания, позволяющую перейти к индустриальному методу обеспечения эксплуатационной технологичности элементов сепараторов.

Для согласования конструкторской и технологической точности соединения с зазором предложена математическая модель расчета экономически оптимальных допусков на диаметр корпуса и насадки, обеспечивающие полную взаимозаменяемость.

Разработаны блок-схемы решения задач точностного расчета сборки насадок с корпусами с саморегулированием в стохастической постановке с минимизацией зазора между насадками и корпусом сепараторов, позволяющие уменьшить зазоры при сборке по формуляру. Созданы средства технического обеспечения в блочно-модульном исполнении, предусматривающие формиро-



1 – типовая технология; 2 – технология со свободной закалкой; 3 – технология с закалкой на штампе

□ - закалка; ▨ ▩ ▪ - закалка с отпуском; ▬ - минимально допустимые значения по ГОСТ 5520

Рис. 6. Распределение значений ударной вязкости, σ_B и σ_T по профилю днищ, изготовленных различными способами

вание гибкого комплекса оборудования и оснастки, для оперативного проведения технического обслуживания сепараторов при различной эксплуатационной ситуации.

Предложены алгоритмы и инженерные методики расчета параметров и точности в машинном варианте, пакет прикладных программ на базе технологических процессов изготовления и обслуживания.

Основные выводы работы

1. Разработан комплекс инженерно-конструкторского и технологического обеспечения беспригонной сборки днищ и насадок с корпусами сепараторов, позволяющий уменьшить трудоемкость сборочных работ при изготовлении и техническом обслуживании сепараторов на 30 – 40 %

2. Установлены условия обеспечения точности днищ регулированием температурно-временных, силовых и конструктивно-геометрических параметров штамповки. Получена математическая модель регулирования точности днищ.

3. Разработана улучшающая технология изготовления высокоточных днищ из низколегированных сталей типа 09 Г2С регулированием термических циклов штамповки и нагрева внутри МКИ, использование которой позволяет повысить точность днищ по форме и размерам в 5 – 10 раз и уменьшить металлоемкость заготовок на 8 – 10 %. Оригинальная конструкция водоохлаждаемой штамповой оснастки разъемного исполнения, учитывающая интенсивность охлаждения и функциональные допуски на геометрические размеры заготовок, позволяет облегчить съём отштампованного днища с оснастки.

4. Практические разработки в виде запатентованных, материализованных средств технологического оснащения и утвержденной технической документации реализованы в промышленности. Разработаны и внедрены методика (ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры», г. Волгоград) и стандарт предприятия СТП 0387-256-00 (ОАО «Салаватнефтемаш», г. Салават) по расчету конструктивных размеров штамповой оснастки и технологических параметров производства высокоточных днищ.

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ
НАУЧНЫХ ТРУДАХ:**

1. Абдеев Р.Г., Ризванов Р.Г., Шенкнехт А.И., Оськин Ю.В. Прогрессивная технология изготовления высокоточных горячештаповочных днищ // Экспресс информ. Сер. ХМ-9 / ЦИНТИхимнефтемаш. – М., 1987. – № 8. – 8с.

2. А.с. 1530300 СССР. МКИ В21 Д22/20,37/16. Пуансон для горячей вытяжки днищ/ А.В. Бакиев, Р.Г. Абдеев, Р.Г. Ризванов, А.И. Шенкнехт// Открытия. Изобретения.- 1989. - № 47.

3. Абдеев Р.Г., Ризванов Р.Г., Ларцев А.В., Шенкнехт А.И. Прогрессивный технологический процесс горячей вытяжки днищ повышенной точности с регулированием термических циклов штамповки// Передовой производственный и научный опыт, рекомендуемый для внедрения. -М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1992. - № 1. -С. 8-10.

4. Абдеев Р.Г., Бакиев А.В., Ларцев А.В., Шенкнехт А.И. и др. Технология горячей вытяжки днищ повышенной точности с регулированием термических циклов штамповки. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1993. – 37 с.

5. Абдеев Р.Г., Ларцев А.В., Шенкнехт А.И. и др. Перспективные конструкции и расчет штамповой оснастки для изготовления высокоточных днищ. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1993. – С. 53.

6. Шенкнехт А.И., Абдеев Р.Г. Способ изготовления горячештапованных высокоточных днищ с улучшенными механическими свойствами. // Вклад молодежи Башкирии в решение комплексных проблем нефти и газа -: Тез. Доклады респ. // Нучн.-техн. конф. -Уфа, 1993. – С.66-67.

7. А.с. 1819710 СССР, МКИ В 21 Д 22/06. Штамп для изготовления полых изделий /Р.Г. Абдеев , Р.Г. Ризванов , А.В. Бакиев , А.В.Ларцев , А.И. Шенкнехт // Открытия. Изобретения.- 1993. - № 21.

8. Шенкнехт А.И., Абдеев Р.Г. Исследование механических свойств металла горячештапованных днищ, изготовленных различными способами // Тез. докл. респ. научн.-техн. конф. - Уфа, 1993. – С. 68-69.

9. Шенкнехт А.И., Воронин А.И., Абдеев Р.Г. Исследование механических свойств стали 09Г2С при различных схемах термообработки и пластической деформации в межкритическом интервале температур // Материалы респ. науч.-техн. конф.- Уфа, 1994. – С. 53.

10. Абдеев Р.Г., Шенкнехт А.И., Воронин А.И. Процесс производства высокоточных днищ// Каталог науч.-техн. разработок. –Уфа: Изд-во УГНТУ, 1995. – С.84.

11. Ризванов Р.Г., Абдеев Р.Г., Матвеев Н.Л., Рыскулов Р.Г., Шенкнехт А.И. Инсафутдинов А.Ф. Влияние геометрии зоны сопряжения "обечайка- эллиптическое днище" на напряженном состоянии сосудов давления. //Химическое и нефтегазовое машиностроение.- 2000. - № 4. – С.15-16.

12. Шенкнехт А.И., Абдеев Р.Г., Ризванов Р.Г. Повышение эксплуатационной надежности аппаратуры северного исполнения из сталей типа 09 Г2С// III Конгресс нефтегазопромышленников России. Секция Н « Проблемы нефти и газа»: Научные труды. – Уфа: ГИНТЛ «Реактив», 2001. – С. 342 -343

Соискатель

А.И. Шенкнехт