

1492190

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище им. Н.Э.Баумана

НЕ НАДАЕТСЯ

На правах рукописи

Симелидис Георгий Андреевич

УДК.66.023.23.002.237: 658.516.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТРУБОПРОВОДНОЙ
КОНИЧЕСКОЙ АРМАТУРЫ

Специальность 08.00.20 - Стандартизация и управление
качеством продукции

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва , 1988 г.

Работа выполнена в Пензенском филиале Центрального
конструкторского бюро арматуростроения

Научный руководитель - к.т.н., доцент Колчков В.И.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Н.М.Капустин

кандидат технических наук Б.И.Петров

Ведущее предприятие - ВНИИПТХИММАШ, г.Пенза

Защита состоится "5" декабря 1988 г. в 14³⁰ час.
на заседании специализированного Совета К 053.15.16 в Московском
высшем техническом училище им.Н.Э.Баумана 107005 г. Москва,
ул. 2-ая Бауманская, дом 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского
высшего

ренн
секр

емпляре, заве-
на имя ученого

1988 г.

спе

довская

Зел

100 экз.

ти

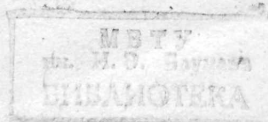
М 492190

Актуальность темы Современный этап развития машиностроения требует повышения технического уровня и качества выпускаемой продукции и её надежности. Это в полной мере относится к техническим системам, содержащим технологические трубопроводы с конической трубопроводной арматурой, такими как: системы жизнеобеспечения, раздаточно-дозировочные и нефте-химические системы, системы защиты окружающей среды, охлаждающие и нагревательные системы энергетических установок и др.

Установлено, что качество функционирования этих систем в значительной степени определяется надежностью, долговечностью и герметичностью используемой трубопроводной арматуры.

Проведенный анализ показал, что трубопроводная арматура во многих ответственных случаях не удовлетворяет возрастающим требованиям по основным показателям качества - герметичности и долговечности и, одновременно, имеет значительную трудоемкость изготовления и обслуживания, так например, по показателям качества отечественная трубопроводная арматура уступает лучшим зарубежным аналогам в среднем на 5-10% и имеет худшие удельные весовые показатели и трудоемкость изготовления на 2-3 %. Это приводит к завышению габаритов и веса технических систем в целом (до 5%) из-за необходимости резервирования, к повышению энергозатрат и материалоемкости систем, к снижению качества готового продукта, к повышению вероятности загрязнения окружающей среды и другим нежелательным последствиям.

Коническая запорная трубопроводная арматура (КЗА) имеет в настоящее время наиболее широкое применение из-за технологичности и простоты конструкции, а также малого гидравлического



сопротивления. Производство такой арматуры является массовым и имеет тенденцию к увеличению объема выпуска до 20 млн.шт. в год.

Анализ состояния производства КЗА показал, что процессы проектирования и изготовления осуществляются главным образом на основе типовых технических требований, при этом не учитываются требования в соответствии служебному назначению технических систем. Выполнение требований к точности герметизирующих поверхностей, обеспечивающих необходимое качество КЗА, достигается высокой трудоемкостью с применением дополнительных технологических операций (подгонка, притирка, доводка, ручной контроль). Отсутствие методик обеспечения качества КЗА, учитывающих оптимизацию требований к точности герметизирующих параметров при проектировании и обеспечение их в процессе производства, значительно сдерживает развитие автоматизации процессов обработки, сборки и обеспечения стабильности качества КЗА при крупномасштабном ее производстве.

Это требует разработки технически обоснованных норм точности на геометрические параметры герметизирующих элементов КЗА, разработки методик, позволяющих варьировать точностью в зависимости от служебного назначения арматуры и возможностей производства, а также разработки автоматизированных систем контроля точности в процессе обработки конических герметизирующих поверхностей.

Цель работы. Целью настоящей работы является повышение качества трубопроводной конической арматуры путем оптимизации требований к точности геометрических параметров ее элементов, исходя из служебного назначения с применением ЭВМ и разработ-

ки автоматизированных средств обеспечения точности при изготовлении, включающих средства контроля, подналадки оборудования и комплектование герметизирующих пар.

Методы исследования. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований в работе получены с использованием теории точности, теории вероятностей и математической статистики, математического моделирования и теории контактирующих поверхностей. Расчеты выполнены на ЭВМ ЕС 1052 и мини - ЭВМ "Электроника - С60".

Научная новизна заключается:

- В установлении взаимосвязей между функциональными параметрами, точность обеспечения которых влияет на качество функционирования КЗА;

- В разработке математической модели функционирования КЗА, позволяющей описать образование утечки для любых технических систем на основе параметров микро - и макрогеометрии контактирующих поверхностей и физико-механических параметров используемых материалов;

- В разработке методов и средств обеспечения качества конической запорной арматуры.

Практическая ценность и реализация результатов работы

Разработаны нормативно-технические документы: "Комплексная система обеспечения качества конусной запорной арматуры" (СТП 0718-85-84, СТП 0753-83-85), регламентирующие мероприятия по обеспечению качества КЗА на стадиях проектирования и изготовления. Способ достижения требуемой точности элементов арматуры защищен авторским свидетельством и одна заявка находится на рассмотрении.

Внедрение системы обеспечения качества, а также средств технологического обеспечения в НПО "Пензтяжпромарматура" позволило получить реальный годовой экономический эффект.

Результаты работы рекомендуется использовать на предприятиях Минхиммаша - НПО "Борец", ВПО "Криотехника", Минтяжмаша-НПО "ДНИИТМАШ".

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на научных семинарах кафедры МТ-4 МВТУ им.Н.Э.Баумана (г.Москва, 1984-1987 гг.); на секции и методсовете НТС НПО "Пензтяжпромарматура" (г.Пенза, 1980 г.); на научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава Пензенского политехнического института (г.Пенза, 1985 г.); четыре доклада на зональной научно-технической конференции "Прогрессивные технологические методы механообработки и сборки" (г.Пенза, 1980, 1982, 1984, 1986 гг.); доклад на расширенном заседании НТС в филиале головной организации Центрального конструкторского бюро арматуростроения (г.Пенза, 1987 г.).

Публикации. Результаты выполненной работы опубликованы в шести печатных работах, получено одно авторское свидетельство.

Объем работы. Работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложений. В работе 204 стр. основного текста, 69 рис. и табл., 92 библиографических наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Содержит обоснование актуальности работы и основные научные результаты.

В первой главе проведен анализ функционального взаимодействия элементов, входящих в комплектно-блочные установки энергетического машиностроения (КБУ). Как показывают исследования, в 80% случаев отказы оборудования как технических систем наступают по причине нарушения функционирования герметизирующих элементов.

Вопросам повышения качества функционирования запорной трубопроводной арматуры посвящено сравнительно небольшое число работ, среди которых следует отметить работы Гуревича Г.Д., Говко А.И., Сейнова С.В., Калашникова В.А., Железнова Б.П. и других. Анализ этих работ показал, что эффективным путем обеспечения качества КЗА, снижения трудоемкости ее изготовления является реализация принципа функциональной взаимозаменяемости при управлении качеством с использованием системного подхода, включающего моделирование с построением и исследованием логико-аналитических и математических моделей. Каждая из этих работ решает отдельные вопросы обеспечения качества трубопроводной арматуры и не учитывает совокупности всех факторов, оказывающих влияние на основные показатели качества (герметичность и долговечность). Недостаточно полно исследовано влияние неравномерной жесткости уплотнительных поверхностей на величину герметичности в условиях эксплуатации.

Основные положения по разработке методов управления качеством на основе взаимозаменяемости и стандартизации содержатся в работах Бойцова В.Д., Якушева А.И., Никифорова А.Д. и др.

Анализ имеющихся работ показал, что обеспечение качества КЗА является комплексной проблемой, при решении которой наибольший эффект с минимальными затратами может быть получен на таких этапах жизненного цикла КЗА, как проектирование и изготовление.

На основании изложенного в работе поставлены следующие задачи:

1. Установить взаимосвязь между функциональными параметрами точности конических герметизирующих поверхностей и показателями качества КЗА.

2. Разработать математическую модель функционирования КЗА с целью оптимизации функциональных параметров точности.

3. Разработать методики обеспечения качества КЗА, включающие оптимизацию точностных параметров, исходя из требования слу-

жебного назначения, а также комплексную методику контроля элементов уплотнения с коррекцией настройки инструмента.

4. Разработать стандарты предприятий по комплексной системе управления качеством, регламентирующие точностные параметры герметизирующих элементов КЗА, и рекомендации по обеспечению качества на стадиях проектирования и изготовления конической запорной арматуры.

5. Апробировать полученные результаты в производственных условиях на основе внедрения нормативно-технической документации.

Вторая глава посвящена моделированию процесса формирования качества КЗА на стадии конструкторско-технологической подготовки производства. В результате проведенных теоретических исследований по установлению взаимосвязей герметичности с функциональными параметрами было выявлено, что существует тесная связь между величиной утечки и распределением удельных давлений, возникающих в процессе сборки в зоне контакта, которая имеет следующий вид:

$$Q_K = 2\Delta P \frac{\omega r h^3}{\pi D \left(\frac{\pi}{4} - \arcsin \frac{E}{D} \right)} \left[\frac{2K\Delta K}{\sqrt{4-K^2}} + \frac{\Delta D \sqrt{4-K^2}}{2D} \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{\pi}{4} - \arcsin \frac{E}{D} - \frac{E}{\sqrt{D^2-E^2}} \right) \right]$$

где Q_K — герметичность конического уплотнения;

$\Delta K = f(\bar{E})$

$\Delta D = f(\bar{E})$ $\bar{E}$ — вектор набора именующегося оборудования.

На основе полученных результатов разработана математическая модель перехода от служебного назначения соединения к оптимальным по критерию затрат на обработку параметров герметизирующих поверхностей, которая является первым этапом (конструкторско-технологической подготовки производства) обеспечения качества КЗА. Векторы исходных параметров, используемых в модели, имеют вид:

$$\Psi_I = (D_0, L, t_{max}, E_0, E_v, E_n, t_n, T, K_{RL}, X_{RL}, J_{RL}, Z_{RL}, \\ K_{ZL}, X_{ZL}, J_{ZL}, Z_{ZL}, P_L, \Delta P, \bar{E}, M_L, E, D, K_L, \bar{E}_L, \\ 6 \theta_L, \theta_v, K_{BL}, E_L, \omega, M, \bar{r}, [\Delta K], [\Delta D], [R_0], [z], [H]).$$

Данная модель позволила теоретически описать образование утечек с учетом параметров как микро- и макрогеометрии герметизирующих поверхностей, так и физико-механических параметров используемых материалов. В модели учтено влияние условий эксплуатации на объект, в частности, рассмотрено давление рабочей среды, действующей неравномерно на входе и на выходе уплотнения. Такой учет действия внешних связей предусматривается системным подходом и позволяет наиболее достоверно описывать функционирование КЗА в различных технических системах.

Одним из комплексных показателей, характеризующих плотность прилегания герметизирующих поверхностей, является величина фактической площади контакта. Установлено, что величина фактической площади контакта является одним из основных показателей, характеризующих физическую сущность процесса в конической запорной арматуре.

Математическая модель и методика оптимизации явились основой для разработки общего алгоритма обеспечения качества КЗА на стадии проектирования, реализованного на основе метода "ЛП-поиска".

Алгоритм решения задачи состоит из нескольких частей. В первой части осуществляется генерация (из банка данных) имеющегося оборудования и его возможностей по обеспечению отдельных параметров качества. Затем по первому варианту оборудования и J -му набору возможных параметров качества обработки определяются величины утечек в проектируемой арматуре. Полученное число проверяется на принадлежность к множеству допустимых в данном случае значений утечек. Текущие затраты на изготовление сравниваются с величиной, рассчитанной ранее. Когда проверены все возможные случайные (псевдослучайные) варианты, задаваемые генератором, производится печать результатов. Проверка математической модели включала в себя проведение экспериментальной оптимизации по этапам изготовления, сборки и испытания образцов в сравнении с результатами теоретической оп-

тимизации. Расхождение теоретических и экспериментальных данных составило $\pm 11\%$.

В третьей главе моделируется процесс обеспечения качества герметизирующих поверхностей КЗА на стадии изготовления. Выделены основные технологические факторы, оказывающие влияние на герметичность.

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить количественные зависимости между утечкой и точностными функциональными параметрами конических уплотнений. Установление форм связи осуществлялось методом корреляционного моделирования. В результате выявлена общая закономерность истечения рабочей среды и получено уравнение регрессии.

Предельные отклонения расчетных значений от среднестатистических не превышают $\pm 8\%$.

Экспериментально установлено влияние упругих деформаций элементов технологического оборудования, а также влияние неравномерной жесткости обрабатываемых конических уплотнений на сохранение герметичности в процессе эксплуатации. Выявлено, что длительность сохранения герметичности конического уплотнения определяется как точностью изготовления элементов уплотнения, так и потерей точности в процессе эксплуатации.

Полученная модель положена в основу методики обеспечения качества КЗА на стадии изготовления. Расчетным путем с помощью мини-ЭВМ "Электроника-50" получены таблицы утечек для соответствующих конструктивных исполнений КЗА.

Требуемая служебным назначением величина утечки может быть обеспечена различными сочетаниями величин отклонений конических герметизирующих поверхностей. Измеряя геометрические погрешности деталей арматуры, можно, не производя сборки и испытания, оценить герметичность данной пары. При этом точность корпуса и пробки может быть различной, что создает возможность варьирования оборудо-

вания, оснастки и технологии изготовления.

Проведенные исследования позволили получить исходные данные для разработки системы обеспечения качества КЗА на стадии изготовления в условиях автоматизированного производства.

Четвертая глава содержит методику и средства обеспечения качества КЗА в условиях автоматизированного производства.

Обеспечение качества КЗА на стадии изготовления в условиях автоматизированного производства предлагается осуществить по схеме, в соответствии с которой предусматривается контроль качества и коррекция технологических настроек для сохранения утечек в заданных пределах. Блок-схема автоматизированной системы обработки герметизирующих поверхностей КЗА представлена на Рис. I. Система состоит из стандартных модулей и работает следующим образом:

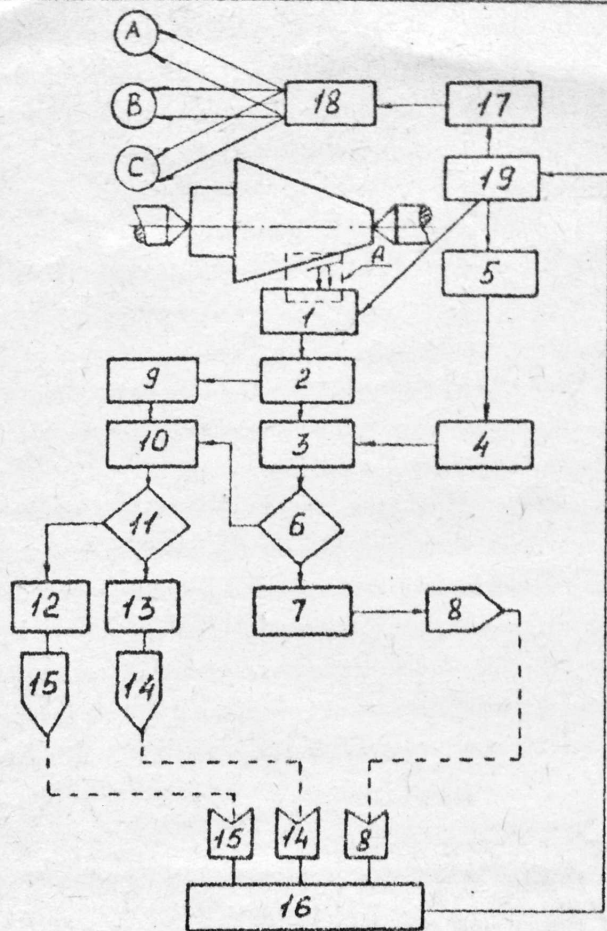
Сигнал, поступающий с механического щупа, мерительной головки, находящейся в резцедержателе I, поступает в усилитель электрических сигналов 2. Траектория перемещения щупа задается от станка с ЧПУ или от микро-ЭЭМ19. Одновременно сведения о траектории поступают в устройство программирования компаратора 5 и далее в блок задающего сигнала 4. Компаратор 3 сравнивает два сигнала: от усилителя 2 (фактическая траектория) и программируемого компаратора 5 (требуемая траектория). Сигнал из компаратора 3 через триггер 6 поступает в блок 7, когда требуемая и фактическая траектория совпадают с требуемой точностью или в блок 10, когда требуемая и фактическая траектории не совпадают с требуемой точностью. В блоке 7 формируется код выбора программы для робота 18, разгружающего оборудование. В устройстве 10 разрешается анализ сигнала, заложенного в блоке памяти 9. Анализ этого сигнала должен показать, находятся ли детали в расширенном поле допуска или нет, то есть возможна ли селективная сборка. Последнее обусловлено тем, что заданная точность срабатывания компаратора определяется оптимальной величиной отклонений формы конуса, которая находится путем расчета по ранее разработанным

моделям. Сборка же корпуса и пробки может быть работоспособна и в случае, если погрешность обработки находится в пределах, ограниченных табл. наладок.

Следовательно, необходимо проверить, попадает ли фактическая погрешность форм (заведомо отличная от оптимальной) в допустимые границы. Эта процедура осуществляется в блоке II. В блоках I3 и I4 формируются коды, изменяющие программу работы робота, состыкованного со станком. Коды выбора программы с вводом информационных шин 8, I4, I5 поступают в специальное интерфейсное устройство I6, связанное с управляющей ЭВМ. В зависимости от поступившего в ЭВМ кода управляющая программа выбирает необходимую программу для робота I8, которая через интерфейс I7 поступает в память робота-манипулятора, управление которым осуществляет ЭВМ. То есть после окончания обработки схваты робота убирают детали с позиции обработки на одну из трех разгрузочных позиций. Первая позиция (А) предназначена для деталей, качество обработки которых соответствует обеспечению оптимальных утечек, позиция (В) соответствует деталям, для которых возможна селективная сборка, позиция (С) — брак при обработке. При появлении первой детали на позиции (С) загорается сигнальное табло вызова наладчика и обработка прекращается. При появлении первой детали на позиции (В) в управляющую ЭВМ поступает сигнал о необходимости коррекции траектории движения инструмента в сторону обеспечения оптимального допуска на обработку.

В системе позиции обработки и контроля совмещены в одной операции, что позволяет исключить контрольную операцию и автоматически не только разбраковывать детали, но и прекращать обработку при появлении брака.

В пятой главе приводятся разработанные нормативно-технические документы, обеспечивающие требуемое качество КЗА, а также расчет экономического эффекта от внедрения этих документов. Как показы-



1-резинедержатель; 2-усилитель сигналов; 3,10-компараторы; 4-блок заданного сигнала; 5,17-компараторы программирования; 6,11-триггеры; 7,12,13-блоки передаточного сигнала; 8,14,15-блоки информационных шин; 9-блок памяти; 16-интерфейсное устройство; 19-микро-ЭВМ; 18-робот-манипулятор.

A-позиция качественных деталей; B-позиция селективной сборки деталей; C-брак при обработке.

Рис.1. Блок-схема автоматизированной системы для обработки герметизирующих поверхностей КСА

вает практика, наиболее действенной формой внедрения результатов исследовательской работы в промышленность является оформление результатов в виде нормативных документов (стандартов). Поэтому по результатам проведенных исследований разработаны и внедрены стандарты предприятия, включающие рекомендации по обеспечению качества КЗА на различных стадиях их жизненного цикла.

В частности, для условий объединения "Пензтяжпромарматура", где обработка деталей конических уплотнений осуществляется в основном на неавтоматизированном оборудовании, был разработан стандарт СТП 0718-95-84, который внедрен на заводе малотоннажной арматуры и ПО "Пензтяжпромарматура". Внедрение стандарта позволило увеличить выход годных деталей при уменьшении потерь от брака до 2% от общего объема. Кроме того, повысилось качество изделий и уровень их взаимозаменяемости. т.к. отпала необходимость в операции притирки. Экономический эффект составил 18,5 тыс.рублей в год.

Для условий автоматизированных производств разработан и внедрен стандарт СТП 0753-93-85. Стандарт включает рекомендации по использованию средств автоматического контроля деталей, а также варианты использования робото-технических комплексов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа установлено, что применяемая во многих технических системах коническая запорная трубопроводная арматура по основным показателям качества не удовлетворяет современным требованиям, трудоемка в изготовлении и эксплуатации, имеет низкую конкурентноспособность на мировом рынке. Это объясняется отсутствием обоснованных норм точности на герметизирующие элементы КЗА и автоматизированных средств контроля.

2. Задача обеспечения качества КЗА может быть успешно решена с использованием системного подхода, включающего моделирование с

построением и исследованием логико-аналитических и математических моделей.

3. Установлено, что обобщающими показателями качества КЗА являются: отклонение формы, угла и микро- макро-неровности элементов уплотнения, формируемые на стадиях проектирования, технологической подготовки производства и в процессе изготовления. Методы обеспечения этих показателей следующие: оптимизация функциональных и конструктивных параметров, стандартизация, автоматизация обработки и сборки, использование автоматизированных средств контроля. При этом, наибольший эффект может быть получен на таких этапах жизненного цикла конической арматуры, как проектирование и изготовление.

4. Существенной особенностью процесса контактирования в конической запорной арматуре является неравномерное распределение удельных давлений, вторично возникающих от воздействия рабочей среды по всей зоне контакта. Учет этой специфики позволяет связать служебное назначение непосредственно с шероховатостью, величиной сближения и глубиной наклепа герметизирующих поверхностей, а также с существующими допусками на эти параметры.

5. На основании выявленных связей и полученных закономерностей разработана математическая модель процесса оптимизации, обеспечивающая необходимое качество на стадии проектирования путем учета конкретных производственных условий, оптимизации видов обработки и режимов резания, точностных и физико-механических параметров уплотнения при минимальных затратах на их изготовление.

6. На стадии изготовления эффективным путем обеспечения качества КЗА является комплексный контроль элементов уплотнения и коррекция настройки инструмента, исходя из требований служебного назначения. При этом возможно обеспечение герметичности путем варьи-

рования точности выполнения геометрических параметров за счет изменения технологических процессов изготовления деталей уплотнений.

7. Результаты проведенных исследований могут быть распространены на любые виды конических уплотнений, физические закономерности которых обуславливаются аналогичными факторами, а основными эксплуатационными показателями качества являются герметичность и долговечность.

8. Результаты исследования положены в основу разработки стандартов предприятия: СТП 0718-95-84 и СТП 0753-93-85, которые внедрены в п/о "Пензтяжпромарматура" и в Пензенском филиале Центрального конструкторского бюро арматуростроения - (ПОЦКБА).

9. Экономический эффект от внедрения разработанных мероприятий по обеспечению качества в условиях производственного объединения "Пензтяжпромарматура" составил 18,5 тыс.руб. в год.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Сейнов С.В., Симелидис Г.А., Гошко А.И. Контроль угловых параметров корпуса пробковых кранов индикаторным угломером. // Инф. листок ЦНТИ (Пенза) - 1976. - № 62-76. - 4 с.

2. Сейнов С.В., Гошко А.И., Симелидис Г.А. Контроль угловых параметров затвора пробковых кранов индикаторным конусомером. // Инф.листок ЦНТИ (Пенза) - 1976. - № 63-76. - 4 с.

3. Симелидис Г.А., Ивлев П.Ф. Измерение погрешности формы затвора в поперечном сечении пробковых кранов. // Инф.листок ЦНТИ (Пенза) - 1980. - № 320 -80. - 4 с.

4. Симелидис Г.А. Измерение погрешности формы затвора в продольном сечении пробковых кранов. // Инф.листок ЦНТИ (Пенза) - 1980. - № 322-80. - 3 с.

5. А.С. 825229 (СССР). Способ калибровки труб /А.С.Скворцов, Г.Ф.Тютиков, Н.Е.Курносков, Г.А.Симелидис //Б.И. - 1981. - № 16

6. Симелидис Г.А. Экспериментальное исследование влияния технологических погрешностей на величину герметичности запорной арматуры // "Депонированные рукописи". ВИНТИ. - 1985. - № 6. - С.160.

7. Колчков В.И., Симелидис Г.А. Выбор оптимальной шероховатости рабочих поверхностей конусной запорной арматуры // Известия высших учебных заведений. - Машиностроение. - 1985. - № 4. - С.154-157.

8. Симелидис Г.А., Мищенко Ю.А., Иляхин А.В. Повышение эффективности контроля конических поверхностей // Известия высших учебных заведений. - Машиностроение. - 1988. - № 7. - С.150-153.

Симелидис

