

На правах рукописи

АСТАХОВ АЛЕКСАНДР ЮРЬЕВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАДВИЖЕК
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
И МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Уфа - 2002

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Трубопроводная арматура является одним из основных технических устройств, формирующих качественное ведение технологических процессов, а также безопасность установок и систем нефтеперерабатывающих производств. Это связано с большим ее количеством в системах (на одном производстве может применяться более 20000 единиц арматуры), сравнительной сложностью и ее определяющим значением в обеспечении режимов нормальной эксплуатации и в аварийных условиях. Арматура может сама по себе являться источником опасности для обслуживающего персонала. В то же время отказы арматуры могут являться исходными событиями, приводящими к нарушению условий безопасной эксплуатации. Неправильное функционирование арматуры может усугубить протекание аварийного процесса.

Практика эксплуатации и анализ причин аварийных ситуаций, имевших место на объектах нефтехимической промышленности, свидетельствуют, что количество событий, связанных с неисправностью арматуры, составляет около 35% от общего количества. Это обуславливает необходимость повышения качества продукции отечественного машиностроения, т.е. трубопроводная арматура по качеству должна соответствовать уровню мировых стандартов и выпускаться с минимальными затратами.

На сегодняшний день эта задача становится еще более актуальной, т.к. наша страна вступает во Всемирную торговую организацию (ВТО) и требования к качеству продукции возрастают. Производство изделий должно быть сертифицировано по международной системе качества (СК) ИСО 9001.

В решении этой сложной задачи важная роль принадлежит системам управления качеством, охватывающим весь цикл производства продукции. Эффективность действия этих систем во многом зависит от возможностей методов и средств контроля, своевременного их применения, что позволяет контролировать не брак, а качество изделий.

При проведении приемо-сдаточных испытаний задвижек высокого давления типа ЗКЛ2 (P_y более 10МПа), проводимых на ОАО "Благовещенский арма-

турный завод" ("БАЗ"), основной причиной браковки является отсутствие герметичности в корпусе, что приводит к большим экономическим потерям. В "Правилах устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов (ПБ 03-108-96)" записано: "Исправление дефектов электросваркой в стальной литой арматуре высокого давления не допускается".

Из вышесказанного вытекает необходимость выявлять дефекты на стадии изготовления отливок, что позволит удовлетворить требованиям современной идеологии качества, которая заключается в том, что ориентировать контрольные операции необходимо не на завершающие стадии процесса создания продукции (или процесса выработки глобальных управленческих решений), а на процесс более низкого уровня, т. е. на режимы, условия и другие составляющие рабочих (технологических) процессов. Такой подход позволяет предотвращать дефекты, возникающие в трубопроводной арматуре (задвижках) на стадии производства. Действия по контролю на более низком уровне позволяют сократить время поиска корректирующих решений и повысить их достоверность.

Сложность конфигурации фасонных отливок, грубая и разнородная структура, а также сравнительно невысокая чистота их поверхности в ряде случаев ограничивают использование методов неразрушающего контроля (МНК) в литейном производстве. В связи с этим возникает необходимость разработки способов выявления негерметичности в отливках корпусов задвижек.

Настоящая диссертационная работа направлена на повышение качества изготовления задвижек совершенствованием технологического процесса и методов контроля. При выполнении данных условий измерение параметров продукции при приемо-сдаточных испытаниях задвижек должно подтверждать качество продукции, а не выявлять дефекты процесса производства.

Цель работы. Разработка комплекса научно-технических и технологических мероприятий, направленных на повышение качества изготовления задвижек с составлением усовершенствованной схемы технологии изготовления, учитывающей быстродействие и точность операций при регулировании производственного процесса.

Задачи исследования

1 Произвести анализ дефектов, выявляемых при приемо-сдаточных испытаниях задвижек клиновых литых (ЗКЛ2).

2 Исследовать влияние различных факторов на возникновение трещин в стальных отливках корпусов задвижек и произвести анализ МНК, позволяющих выявлять нарушение герметичности в отливках.

3 Разработать усовершенствованную схему технологического процесса изготовления задвижек, позволяющую производить эффективный контроль качества.

4 Разработать испытательный стенд и технологию опрессовки отливок корпусов задвижек, учитывая зависимость влияния состава контрольного вещества и индикатора на чувствительность системы течеискания. Выбрать оптимальные режимы испытания.

5 Реализация результатов диссертации по модернизации процесса производства задвижек клиновых литых на предприятиях арматуростроения.

Научная новизна работы

1 Установлено, что содержание углерода в отливках корпусов задвижек из стали 20 до 0,20 % обуславливает наибольшую стойкость к образованию трещин, а в интервале 0,20 - 0,25 % - наиболее вероятное образование трещин.

2 Определена функциональная зависимость влияния быстродействия и точности операций в контурах регулирования на экономические параметры производственного процесса, показано, что, если временная задержка на выявление дефекта τ в цепи регулирования больше такта производственного про-

цесса Т, затраты на производство возрастают. С учетом данных особенностей разработана усовершенствованная схема технологии изготовления задвижек, позволяющая производить эффективный контроль производственного процесса на ранней стадии (после изготовления отливок) с последующим проведением корректирующих мероприятий.

3 Установлено, что наиболее рациональным интервалом давления контрольного вещества (воздуха) при контроле отливок корпусов задвижек газогидравлическим методом течеискания, с точки зрения выявляемости сквозных дефектов, является 0,5...0,7 МПа.

Практическая ценность

Установление зависимости влияния содержания углерода на возникновение трещин в стальных отливках позволяет произвести корректирующие мероприятия в технологическом процессе производства задвижек.

На основе проведенных исследований разработаны испытательный стенд и технология пневматической опрессовки отливок корпусов задвижек погружением в воду, которые позволяют выявлять дефекты на ранних стадиях процесса производства. В данном случае задержка на выявление дефектов составляет около 24 часов, а ранее при проведении дополнительной механической обработки она составляла около 48 часов, соответственно проведение корректирующих мероприятий начинается в два раза быстрее. Данные мероприятия позволяют в значительной степени снизить затраты на производство, т.к. после проведения корректирующих мероприятий брак по трещинам значительно снижается вследствие устранения причин.

Результаты работы были использованы при разработке стандартов предприятия ОАО "БАЗ" СТП 4501-055-00 СК "Контроль качества продукции на всех этапах производства", СТП 4501-069-00 СК "Корректирующие и предупреждающие действия".

Реализация в промышленности

С целью повышения эффективности производства задвижек высокого давления и выпуска их с минимальными затратами на ОАО "БАЗ" подготовле-

ны и приняты к внедрению технические решения, разработанные в данной диссертационной работе. Ожидаемый экономический эффект в ценах 2002 года от выявления сквозных дефектов на ранней стадии при расчете на задвижки ЗКЛ2 50-160 составляет более 69 тысяч рублей. Своевременное управление и корректировка технологического процесса позволяет сократить брак более, чем на 40 %.

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы докладывались на Втором Международном симпозиуме "Наука и технология углеводородных дисперсных систем" (Уфа, 2000 г.), III Конгрессе нефтепромышленников России "Проблемы нефти и газа" (Уфа, 2001 г.), конференции "Коррозия металлов: диагностика, предупреждение, защита и ресурс" (Уфа, 2002 г.).

Публикации. Основное содержание работы опубликовано в восьми научно-технических статьях и тезисах докладов научно-технических конференций.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, выводов, приложения и содержит 151 страницу машинописного текста, 48 рисунков, 16 таблиц, список литературы из 156 наименований.

Автор выражает глубокую признательность за оказанную помощь в научных исследованиях д-ру технических наук Бакиеву Тагиру Ахметовичу.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе выполнен анализ состояния технологичности конструкции и технологии производства задвижек отечественного машиностроения.

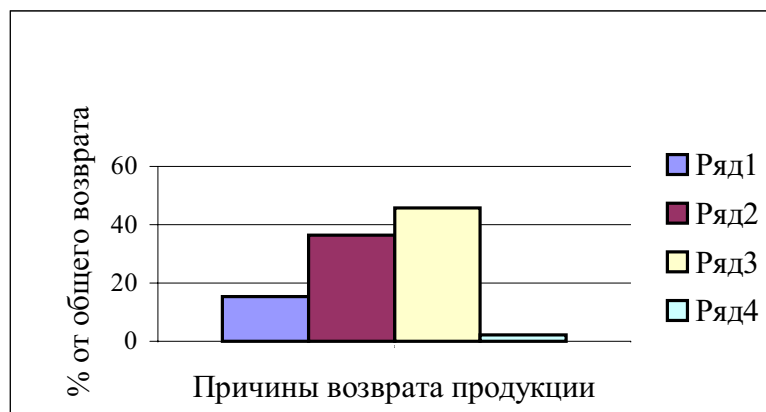
Проведен анализ технологических процессов, используемых при производстве трубопроводной арматуры. Процесс изготовления рассматривался на примере задвижек, выпускаемых на ОАО "БАЗ".

При изготовлении задвижек используется следующий ряд производств: сталелитейное (электросталь), кузнечно-прессовое, механообрабатывающее, сборочно-сварочное и испытательное.

Для задвижек значение испытаний имеет выраженный характер, так как качество их работы определяет эффективность эксплуатации сложнейших систем и агрегатов нефтегазовых производств, а также их безопасность.

При анализе испытаний задвижек типа ЗКЛ, проводимых на ОАО "БАЗ" в 2000 г., были выявлены основные причины возврата продукции с испытательной станции и их процентное соотношение от общего возврата задвижек, не прошедших испытания. Наглядно это соотношение представлено на рисунке 1.

Нарушение герметичности в корпусе приводит к наибольшим издержкам при производстве арматуры высокого давления (P_y более 10 МПа), т.к. в "Правилах устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов (ПБ-03-108-96)" записано: "Исправление дефектов электросваркой в стальной литой арматуре высокого давления не допускается", а затраты на изготовление корпусов составляют до 50% всех затрат.



- Ряд 1 - отсутствие герметичности в соединении корпус-кольцо;
- ряд 2 - отсутствие герметичности в затворе;
- ряд 3 - отсутствие герметичности в корпусе;
- ряд 4 - другие причины

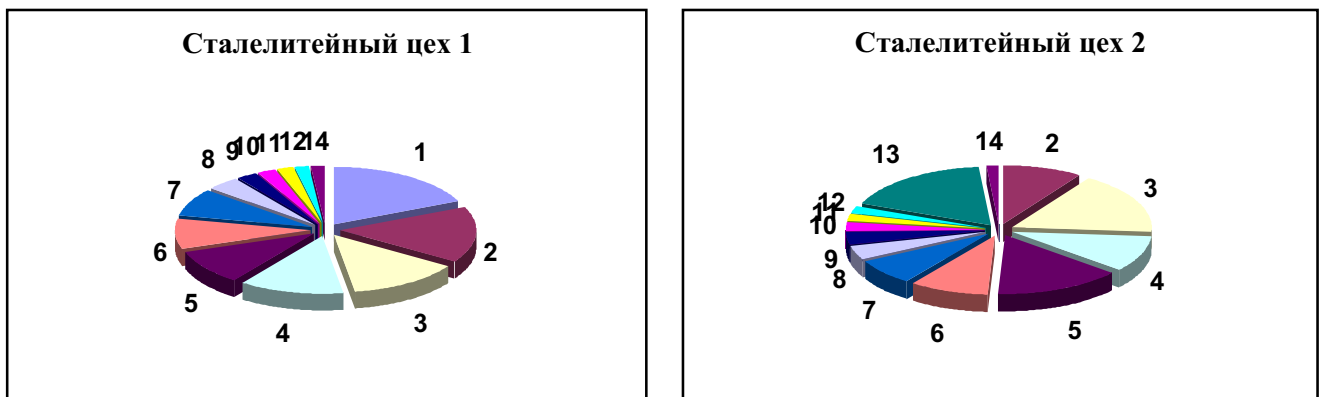
Рисунок 1 - Дефекты, выявляемые при испытаниях задвижек

Таким образом, проведенный анализ выпуска задвижек доказывает необходимость обнаружения дефекта, отсутствия герметичности в корпусе на более ранних этапах с последующим выявлением причины его возникновения.

Вторая глава посвящена анализу основных дефектов, возникающих на стадии изготовления задвижек, выявлению причин их появления, а также методам контроля.

По происхождению дефекты в металлах подразделяют на производственно-технологические, возникающие при отливке, прокате, ковке, термической и других видах обработки, сварке, пайке, клепке, неправильной сборке, и эксплуатационные, возникающие вследствие появления дополнительных нагрузок, ударов, вибрации, перепада температур, а также коррозии, изнашивания, старения.

В данной главе проведен анализ брака отливок (рисунок 2), выявленного при производстве трубопроводной арматуры на ОАО "БАЗ" за 2001 г., по сталелитейному цеху 1 и сталелитейному цеху 2. В сталелитейном цехе 1 отливки получают в одноразовых песчано-глинистых формах, а сталелитейном цехе 2 в оболочковых формах.



Дефекты по цехам : 1 - песчаная раковина; 2 - трещины; 3 - засор; 4 - пригар; 5 - ситовидность; 6 - несоответствие химического анализа; 7 - несоответствие механических свойств; 8 - искажение размера; 9 - газовая раковина; 10 - усадочная раковина; 11 - спай; 12 - перекося; 13 - прорыв металла; 14 - прочие

Рисунок 2 - Анализ брака отливок

Если построить дополнительный график, отражающий виды дефектов и связанную с ними долю ущерба от брака (рисунок 3), можно прийти к первоочередному решению по устранению определенного вида брака. На рисунке 2 отражены дефекты, приводящие к наибольшему количеству брака, но ясно, что область наибольшего числа дефектов не соответствует области наибольшего ущерба от брака (рисунок 3), поскольку данный дефект легче поддается ис-

правлению, выявляется на ранней стадии процесса производства, является исправимым. В данном случае, желая сократить долю ущерба от брака, следует начинать борьбу с "трещинами", а только затем с "песчаными раковинами", поскольку это экономически выгоднее.

Устранение причин брака проводится в порядке их значимости до тех пор, пока дальнейшее улучшение процесса окажется неоправданным с экономической точки зрения.

Так как наибольший ущерб трещины приносят вследствие сложности их выявления и устранения, в работе рассмотрен механизм возникновения и мероприятия, предупреждающие возникновение трещин.

Образование горячих трещин связано с переходом сплава из жидкого состояния в твердое. Этот переход сопровождается уменьшением объема металла и развитием напряжений, возникающих во время процесса кристаллизации.

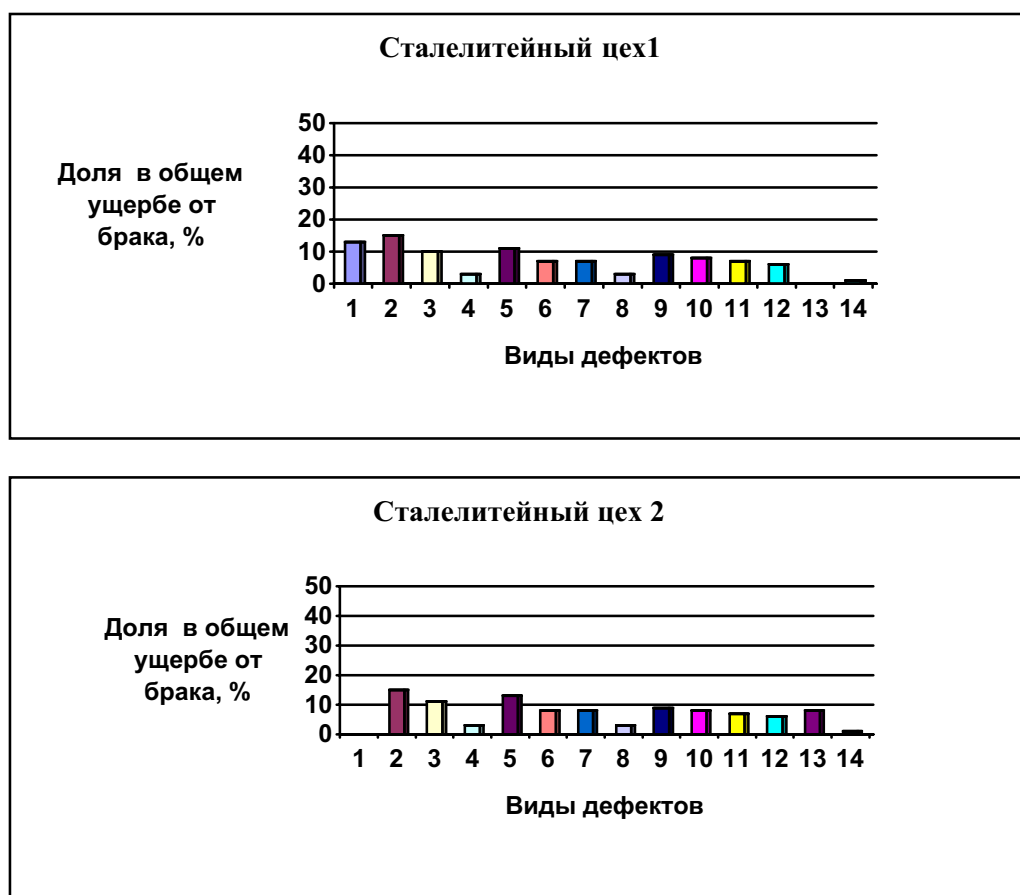


Рисунок 3 - Взаимосвязь видов дефектов и ущерба от брака

Непосредственной причиной, вызывающей образование горячей трещины, являются усадочные усилия, возникающие вследствие механического или термического торможения усадки отливки.

Причины многих усадочных пороков отливок часто могут состоять в суммарном воздействии небольших изменений состава металла и технологических факторов, вызывающих неблагоприятные последствия в отношении формирования свойств отливки.

Влияние состава металла и технологических факторов, таких, как температура заливки стали, время выдержки, состав и конструкция форм и стержней, на развитие усадочных процессов должно учитываться даже при сравнительно незначительных их изменениях.

Основной трудностью при выплавке стали является установление содержания углерода, который оказывает значительное влияние на возникновение трещин. В связи с этим в работе рассмотрено содержание углерода для стали 20 в 250 плавках, производимых на ОАО "БАЗ" (рисунок 4). Из плавков с разным содержанием углерода, для наблюдений было выбрано по 30 отливок корпусов задвижек ЗКЛ2 50-160 и произведена проверка на герметичность. Зависимость возможного наличия трещин в отливках от содержания углерода представлена на рисунке 5.

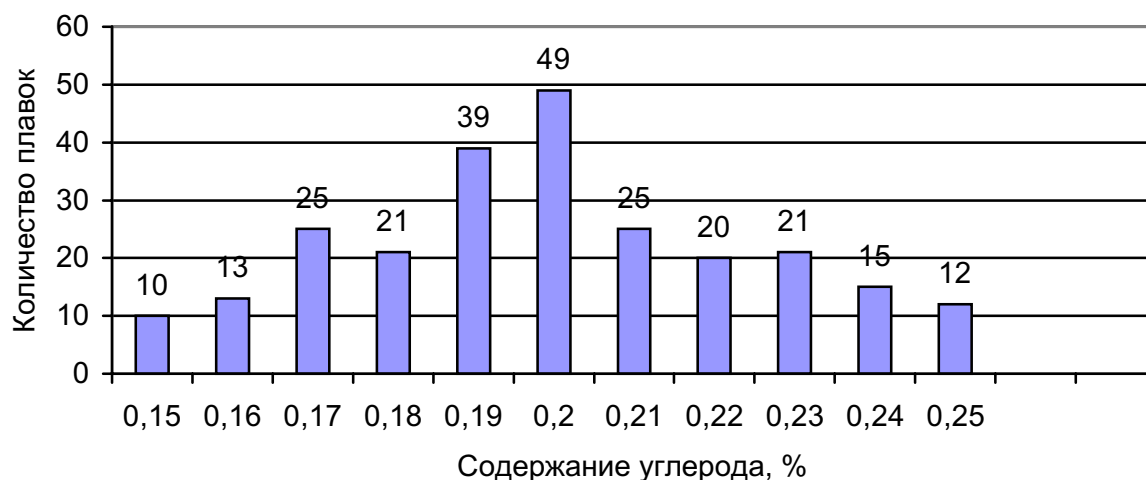


Рисунок 4 - Частотная гистограмма литейных плавков с разным содержанием углерода

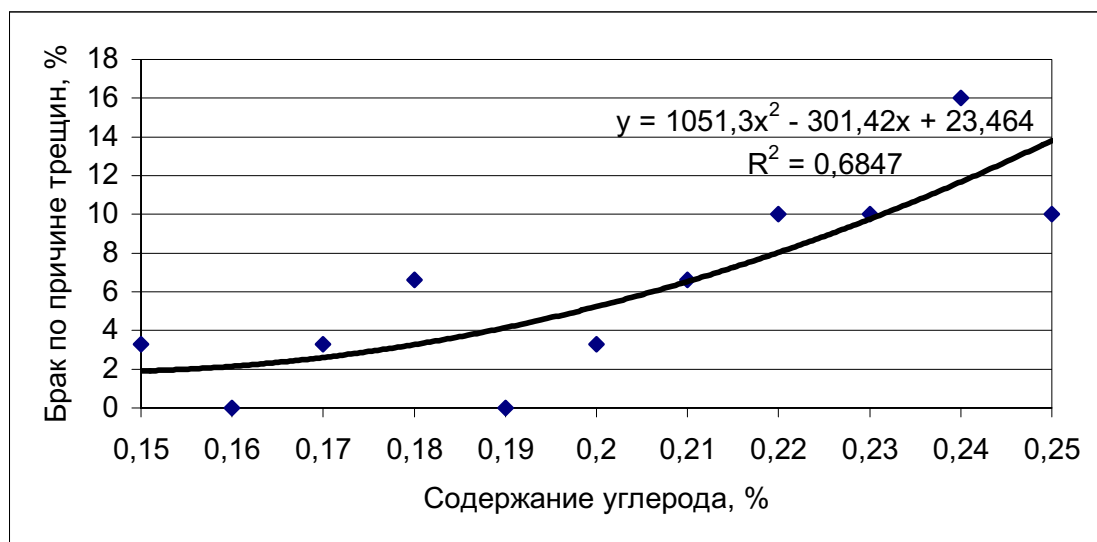


Рисунок 5 - Наличие трещин в отливках корпусов задвижек в зависимости от содержания углерода

Проведенные исследования подтвердили теоретические данные, которые свидетельствуют, что в сталях 20 с содержанием углерода до 0,2% повышается стойкость к образованию трещин, а с повышением содержания углерода от 0,2 до 0,25% увеличивается склонность к их образованию. Таким образом, необходимо провести корректирующие мероприятия и снизить содержание углерода при изготовлении отливок корпусов задвижек, т.е. уменьшить наиболее опасную область.

В случае обнаружения трещин при испытании отливок необходимо проверить все возможные причины их возникновения с последующей корректировкой выплавки стали. Наиболее эффективным решением, по устранению брака отливок, является переход на более совершенные виды литья.

Далее в работе произведен сравнительный анализ основных методов неразрушающего контроля (МНК) отливок.

Важным моментом, определяющим эффективность контроля, является обоснованный выбор МНК. С учетом данных о МНК в работе приведены рекомендации по выбору методов контроля корпусных отливок трубопроводной арматуры в зависимости от типа дефектов, материала (изделия) и условий контроля.

Анализ показал, что ни один из известных МНК не является универсальным, однако в большинстве случаев выявление дефекта можно осуществить несколькими методами.

Наряду с подробными характеристиками дефектов при выборе оптимального МНК необходимо учитывать физические свойства сплава, конструкцию отливки, состояние ее поверхности, технические условия на литую деталь, технико-экономические показатели МНК, а также другие факторы.

Наиболее опасны в отливках корпусов задвижек высокого давления сквозные дефекты, поэтому для их определения необходимым и целесообразным является метод контроля проникающими веществами. Высокая чувствительность и надежность данного метода неразрушающего контроля позволяет выявлять дефекты отливок на ранней стадии их изготовления, способствуя повышению качества производства продукции при одновременном сокращении трудовых затрат.

Третья глава посвящена исследованию влияния быстродействия и точности операций в контурах регулирования на экономические параметры производственного процесса и разработке на этой основе усовершенствованной схемы управления производственного процесса при изготовлении качественных задвижек с минимальными издержками.

При высокой конкуренции задвижек особое внимание уделяется контролю затрат. При этом рассматриваются следующие вопросы: какими должны быть затраты; какими фактически были затраты; насколько результаты отличаются от запланированных; что нужно сделать, чтобы снизить или перераспределить затраты?

Процесс выпуска продукции (рисунок 6) имеет вход и выход, которые характеризуются соответствующими входными и выходными данными, и может быть реализован с помощью, по крайней мере, пяти видов ресурсов, что в японском производственном менеджменте называют "5М": люди (Men), методы (Method), машины (Machine), материалы (Material), окружающая среда или обстановка (Medium).

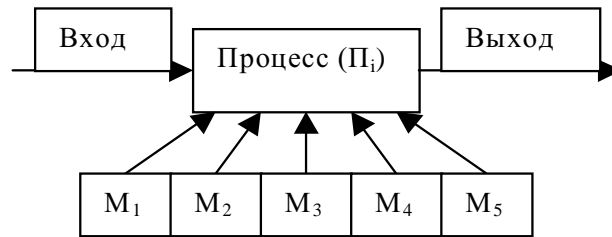


Рисунок 6 - Схема процесса

В большей степени на качество и экономические параметры при производстве продукции влияет быстрдействие и точность операций при регулировании производственного процесса.

Регулирование независимо от вида процесса сводится к изменению реальных характеристик указанных составляющих, сравнению полученных оценок с нормированными значениями, выработке на основе результата сравнения решения о необходимом воздействии на процесс.

Учитывая специфические особенности арматуростроения и результаты исследований, автором была разработана усовершенствованная схема технологического процесса производства задвижек (рисунок 7).

Неидеальность реализации ресурса M_i условно отражается помехой. В результате получается, что

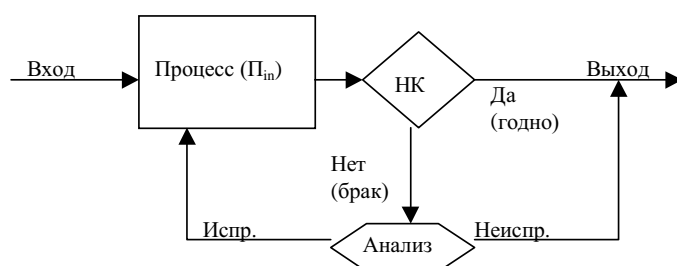
$$M_i' \neq M_i, \quad (1)$$

где M_i' - реальный ресурс;

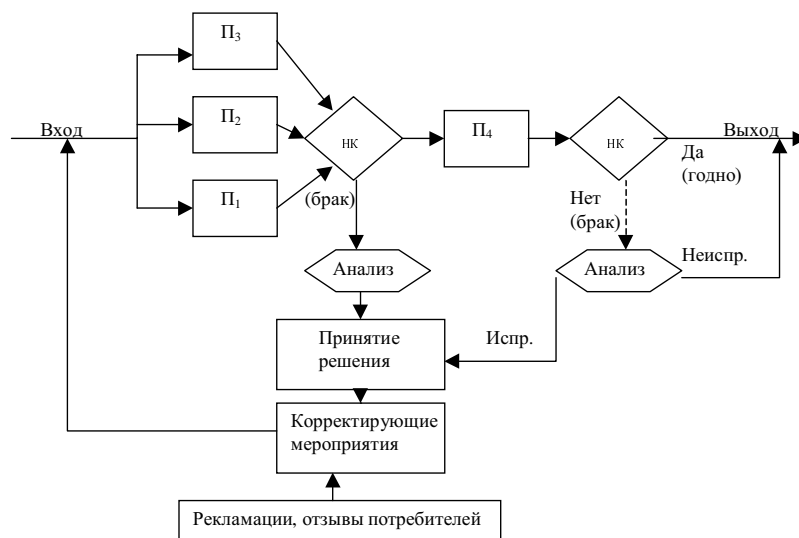
M_i - требуемый ресурс.

Помеха в общем виде является случайным фактором, характеризующимся некоторым частотным спектром, который следует рассматривать в относительных единицах и сопоставлять с производительностью управляемого технологического процесса.

Чтобы скорректировать помеху, очевидно необходимо иметь достаточно достоверную информацию о составляющей M_i' и осуществить все операции за достаточно короткое время, чтобы минимизировать издержки, связанные с возможным появлением дефектов на выходе процесса.



P_{in} - конечный процесс выпуска продукции



P_1 - сталелитейный цех; P_2 - кузнечный цех; P_3 - механический цех; P_4 - механосборочный цех

Рисунок 7 - Схема технологического процесса производства задвижек до и после изменения

В работе приведена оценка влияния быстродействия и точности операций в контурах регулирования на экономические параметры производственного процесса, которая может быть выражена следующей функциональной зависимостью:

$$P=f(\tau, \Delta, O_i, C_i, N, K_{\text{бр}}), \quad (2)$$

где P - затраты вследствие недостаточного быстродействия и точности процессов в цепи регулирования;

τ - суммарная временная задержка в цепи регулирования;

Δ - суммарная ошибка, возникающая в цепи регулирования (при измерении, принятии решения и его реализации);

O_i - выявляемость отклонений на i -й производственной операции;

C_i - себестоимость изделия на исследуемой i -й производственной операции;

N - количество контролируемых параметров;

$K_{бр}$ - категория брака (исправимый, неисправимый, понижение сортности и др.).

Затраты вследствие временных задержек в цепи регулирования определяются в большей степени тактом производственного процесса.

Если задержка $\tau \geq T$, то потери на производство значительно возрастают и определяются следующей зависимостью:

$$П_{\tau} = f(T, n, \tau, P_{бр}, O_i, C_i), \quad (3)$$

где T - такт производственного процесса;

n - количество отклонений точности измерений за исследуемый период;

$P_{бр}$ - вероятность возникновения того или иного вида брака в течение цикла коррекции.

Изложенный подход позволяет решать как прямую задачу измерения возникающих издержек, так и обратную задачу: определение требований к точности операций регулирования и их быстроедействие; расположение операций регулирования на соответствующей стадии производственного цикла исходя из допустимого уровня издержек.

В четвертой главе разрабатываются расширенные возможности испытания отливок корпусов задвижек методом течеискания.

Эксплуатационная характеристика задвижек обеспечивается герметичностью изделия. Количественно герметичность изделия характеризуется степенью герметичности, которая определяется величиной утечки или натекания газа (в единицах потока) или расхода жидкости. Степень герметичности устанавливается разработчиком изделия с учетом условий, обеспечивающих его нормальное функционирование и безопасную эксплуатацию.

В технических условиях на изготовление задвижек клиновых литых выпускаемых ОАО "БАЗ" имеющих класс А герметичности по ГОСТ 9544, записано: "Нет видимых протечек" при испытании на герметичность.

Норма герметичности, конструктивное исполнение изделия и характер производства являются теми критериями, по которым выбираются метод течеисскания и технологический процесс контроля герметичности.

Для наиболее эффективного использования газогидравлического метода течеисскания при контроле отливок корпусов задвижек рассмотрены основные принципы течеисскания и физико-химические явления, происходящие в канале течи.

Поток газа через течь имеет вид

$$Q = V_{\text{п}} P_{\text{п}} / t = \pi D^3 (P_{\text{атм}} + P_{\text{г}} + P_{\text{н}}) / 6t, \quad (4)$$

где $V_{\text{п}}$ - объем пузырька, м³;

$P_{\text{п}}$ - давление внутри пузырька, Па;

D - диаметр пузырька, м;

$P_{\text{атм}}$, - атмосферное давление на поверхности жидкости, Па;

$P_{\text{г}}$ - гидростатическое давление жидкости, Па;

$P_{\text{н}}$ - давление, вызываемое силами поверхностного натяжения, Па;

t — время образования пузырька, с.

Течь как сквозной канал может иметь самую неопределенную геометрическую форму, прогнозировать которую не представляется возможным. В этой ситуации принимают идеализированные модели течи, в частности, принимают периметр течи как усредненный диаметр d .

Поток газа через течь увеличивает диаметр пузырька вплоть до момента его отрыва. Этот момент наступает, когда действующая на пузырек архимедова сила становится равной, а затем превышает силы сцепления пузырька с поверхностью. Таким образом, условие отрыва выражается формулой

$$\pi D_0^3 g \rho / 6 = \pi d F_{\text{жг}}, \quad (5)$$

где D_0 - диаметр пузырька в момент отрыва, м;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

ρ - плотность, кг/м³;

$F_{жг}$ - сила поверхностного натяжения системы жидкость-газ, Н/м;

d - диаметр течи, м.

Диаметр отрывающегося пузырька принимается равным 0,5...1 мм. Пузырьки диаметром меньше 0,5 мм трудно заметить. Отсюда найдена зависимость диаметра отрывающегося пузырька от диаметра течи при разных индикаторах, которая представлена на рисунке 8.

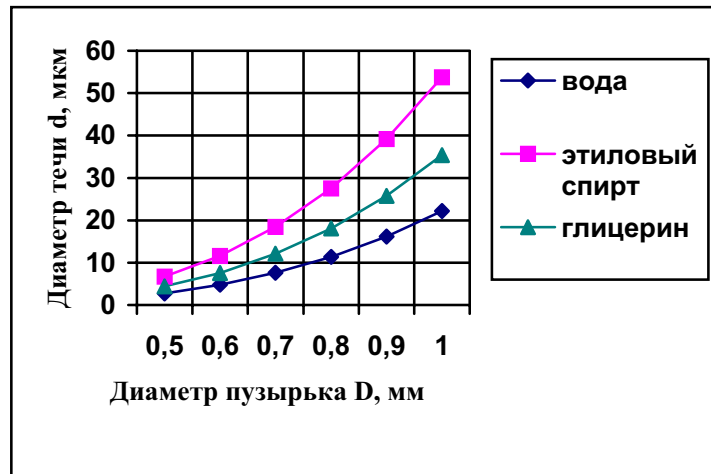


Рисунок 8 - Зависимость диаметра отрывающегося пузырька от диаметра течи

Минимальный поток газа, регистрируемый пузырьковым методом, находится из предположения, что время t_0 от начала образования пузырька до его отрыва равно 30 с. Если это время больше, то слишком редко образующиеся пузырьки трудно заметить, следовательно, $Q_{\min} \approx 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \text{ Па/с}$. Это значение определяет порог чувствительности пузырькового способа как средства течеискания. Теперь рассмотрим чувствительность всей системы течеискания V_{\min} , приведенную к стандартным условиям:

$$V_{\min} = Q_{\min} \eta / \eta_v [(P_{\text{опр}} / P_{\text{атм}})^2 - 1], \quad (6)$$

где η - коэффициент динамической вязкости используемого газа, Па с;

η_v - коэффициент динамической вязкости воздуха, Па с;

$P_{\text{опр}}$ - давление опрессовки, Па.

Чувствительность системы при опрессовке различными газами в зависимости от давления опрессовки представлена на рисунке 9.

Чувствительность метода к течам может быть повышена не только повышением P_{opr} , но также применением газов с вязкостью, меньшей, чем у воздуха.

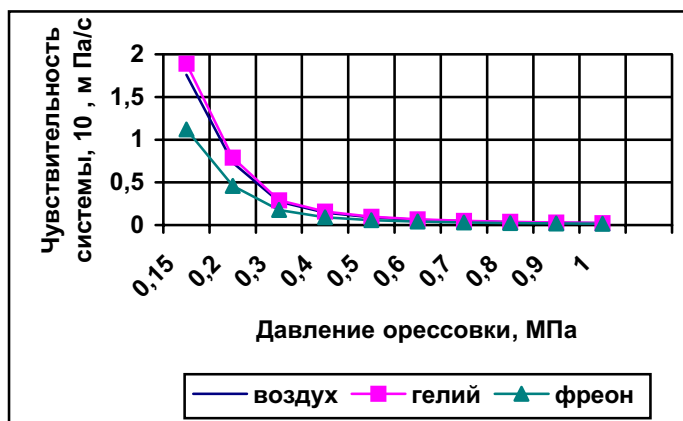


Рисунок 9 - Взаимосвязь чувствительности системы и давления опрессовки

На рисунке 10 представлена номограмма*, показывающая функциональную связь между нормой герметичности, величиной испытательного давления и размерами капилляра (диаметром d , мкм и длиной $l=5$ мм), эквивалентного течи, соответствующей норме.

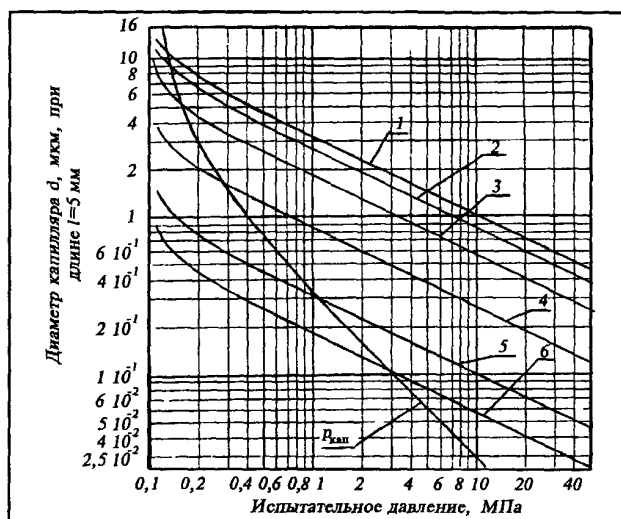


Рисунок 10 - Номограмма зависимости размеров капилляра, эквивалентного течи, соответствующей норме герметичности при заданном испытательном давлении.

Кривая $p_{кап}$ показывает зависимость капиллярного давления от диаметра капилляра. Нормы герметичности, $м^3$ Па/с:

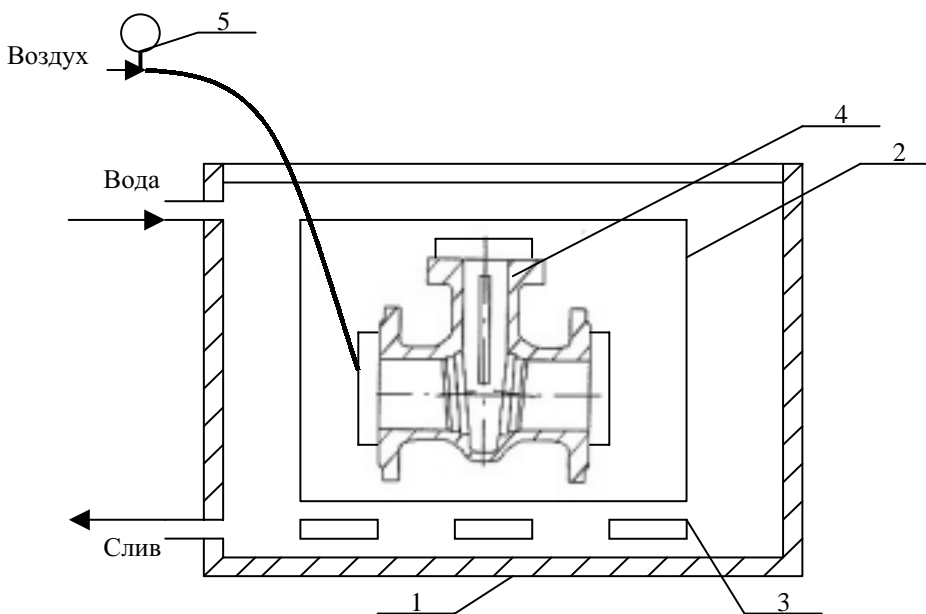
1 - $1,33 \cdot 10^{-5}$; 2 - $6,65 \cdot 10^{-6}$; 3 - $1,33 \cdot 10^{-6}$; 4 - $6,65 \cdot 10^{-8}$; 5 - $1,33 \cdot 10^{-9}$; 6 - $1,33 \cdot 10^{-10}$

* - Абрамов Е.М., Сапожников В.М. Техника течеискания // Контроль. Диагностика. -2001. -№7. -С. 21-26.

При увеличении толщины стенки герметичного корпуса более 5мм, диаметр капилляра будет увеличиваться при сохранении общей величины потока газа. На этой же номограмме показана кривая, обозначенная знаком $p_{\text{кап}}$, "увязывающая" размеры диаметра капилляра с капиллярным давлением.

Все течи, расположенные ниже кривой $p_{\text{кап}}$, могут быть не выявлены при заданном испытательном давлении вследствие их перекрытия водой или иной жидкостью.

При создании техники течеискания отливок корпусов задвижек в работе заложен принцип создания на проверяемой стенке отливки перепада давления контрольного вещества (воздуха) с последующим погружением отливки в жидкость (воду). Перепад давления обеспечивается повышенным давлением контрольного вещества по сравнению с противоположной стороной контролируемой стенки.



1 - корпус стенда; 2 - стекло; 3 - лампы дополнительного освещения; 4 - объект испытания, 5 - манометр

Рисунок 11 - Схема испытательного стенда

В данной главе произведена разработка испытательного стенда, схема которого представлена на рисунке 11. При создании стенда рассмотрены основные положения функционального подхода к созданию оборудования для испытаний и контроля. Эти положения создают предпосылки, обеспечивающие вы-

сокую достоверность оценки качества изделий при испытаниях. Также разработаны фланцы-заглушки специальной конструкции, т.к. перед испытаниями необходимо произвести заглушение технологических отверстий в отливке корпуса и подвести в него воздух.

Разработана технологическая инструкция пневматической опрессовки отливок.

Нормой герметичности для отливок трубопроводной арматуры высокого давления, выпускаемых на ОАО "БАЗ" (имеющих класс герметичности А), является недопустимость утечек более $1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ Па/с}$ по воздуху.

В реальных условиях объект испытаний считался годным, если не обнаружены места проникновения среды через трещины.

Результатами контроля пневмогидравлическим методом течеискания явилась браковка корпусных отливок (задвижек ЗКЛ2 50-160). Из 499 отливок было забраковано 39. Давление опрессовки составляло 0,6 МПа. После механической обработки годных отливок на приемо-сдаточных испытаниях было подтверждено их высокое качество.

На забракованных отливках провели дополнительные испытания.

Давление испытания составляло 0,6 - 0,4 - 0,2 МПа. При давлении 0,2 МПа на 8 из 39 бракованных отливок течь была не определена, тем самым подтвердились теоретические данные, представленные на номограмме (рисунок 10), т.к. при уменьшении давления опрессовки чувствительность метода снижается. Для четкого выявления течи при малом давлении, перед контролем герметичности, требуется специальная подготовка отливки, предусматривающая удаление влаги и загрязнений из возможных каналов течей.

Обработав забракованные отливки, провели опрессовку с обмыливанием, которая заложена в технических условиях на трубопроводную арматуру. При испытаниях на всех корпусах задвижек течь была визуально обнаружена, и они были забракованы.

Целесообразность рекомендаций, разработанных автором, подтверждается их внедрением на ОАО "БАЗ". Сравнительный анализ брака литья за последние годы представлен на рисунке 12.

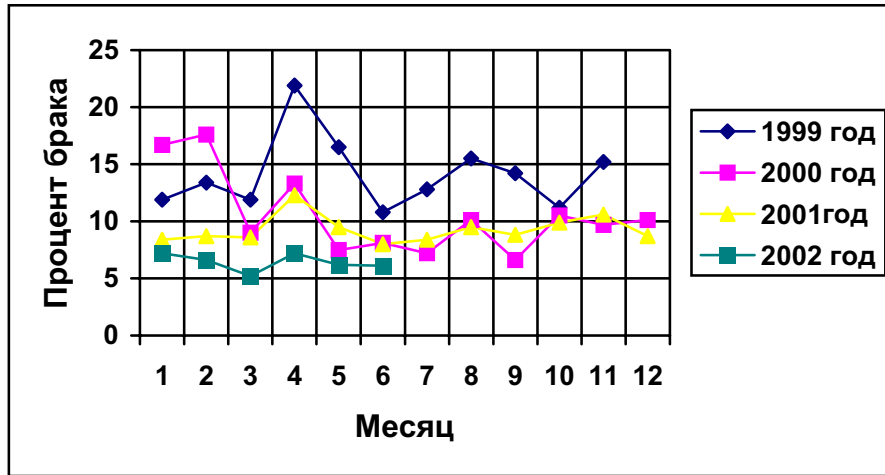


Рисунок 12 - Анализ брака литья за 1999 - 2002 гг.

Таким образом, снижение брака возможно совершенствованием технологического процесса и методов контроля.

Основные выводы

1 Выявлены дефекты, которые обнаруживаются при приемо-сдаточных испытаниях задвижек, изготавливаемых на ОАО "БАЗ", основным из которых является отсутствие герметичности в корпусе, что для задвижек высокого давления не допустимо в связи запрещением их исправления электросваркой. Это доказывает необходимость обнаружения данных дефектов на ранней стадии процесса производства.

2 Установлено, что при содержании углерода в отливках корпусов задвижек из стали 20 в интервале 0,20 - 0,25 % наблюдается наиболее вероятное образование трещин, а при содержании углерода до 0,20 % имеет место наибольшая трещиностойчивость. Предложено провести корректирующие мероприятия и уменьшить наиболее опасную область. Анализ МНК, позволяет установить, что для выявления нарушения герметичности в отливках, наиболее эффективным является метод контроля течеисканием.

3 Разработана усовершенствованная схема технологии изготовления задвижек, позволяющая производить эффективный контроль на ранней стадии

(после изготовления отливки) с последующим проведением корректирующих мероприятий. Данная схема позволяет сократить затраты на производство задвижек, т.к. исключаются затраты на обработку бракованных отливок, корректирующие мероприятия начинаются в два раза быстрее, что снижает возникновение брака в последующих партиях благодаря устранению причин.

4 Разработаны испытательный стенд и технология опрессовки отливок корпусов задвижек газогидравлическим методом течеискания. Установлена выявляемость сквозных дефектов методом течеискания в зависимости от параметров контрольной среды и индикатора, а также давления опрессовки. Доказано, что наиболее оптимальным давлением опрессовки является интервал 0,5...0,7МПа, а при уменьшении давления испытательной среды до 0,2 МПа чувствительность метода снижается, т.к. из 39 бракованных корпусов на 8 течь была не определена.

5 Результаты исследований и проектно-конструкторских разработок приняты к внедрению на ОАО "БАЗ". Ожидаемый годовой экономический эффект в современных ценах от выявления сквозных дефектов на ранней стадии при расчете на задвижки ЗКЛ2 50-160 составляет более 69 тысяч рублей. Своевременное управление и корректировка технологического процесса позволяет сократить брак более, чем на 40 %.

Основные результаты работы опубликованы в следующих научных трудах

1 Астахов А.Ю. Выявляемость дефектов на стадии испытания задвижек типа ЗКЛ // Наука и технология углеводородных дисперсных систем: Материалы второго Международного симпозиума. - Уфа: УГНТУ, 2000. -С. 158-159.

2 Астахов А.Ю. Структура производства задвижки на ОАО "Благовещенский арматурный завод" // Наука и технология углеводородных дисперсных систем: Материалы второго Международного симпозиума. - Уфа: УГНТУ, 2000. -С. 160-161.

3 Ибрагимов И.Г., Астахов А.Ю. Модель процесса изготовления технических изделий // Проблемы нефти и газа: III Конгресс нефтепромышленников России. -Уфа: УГНТУ, 2001. -С. 280-282.

4 Астахов А.Ю., Ибрагимов И.Г. Регулирование производственного процесса при изготовлении задвижек // Проблемы нефти и газа: III Конгресс нефтепромышленников России. - Уфа: УГНТУ, 2001. -С. 287-289.

5 Астахов А.Ю., Ибрагимов И.Г. Повышение качества изготовления задвижек // Проблемы нефти и газа: III Конгресс нефтепромышленников России. - Уфа: УГНТУ, 2001. -С. 297-299.

6 Астахов А.Ю., Ибрагимов И.Г. Модель регулирования производственного процесса на основе современной идеологии качества // Коррозия металлов: диагностика, предупреждение, защита: Сб. научн. ст. -Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. -С. 22-25.

7 Астахов А.Ю., Егоров В.И. Повышение ресурса запорной газовой арматуры на стадии изготовления // Конференция "Коррозия металлов: диагностика, предупреждение, защита" Сб. научн. ст. -Уфа: Изд-во УГНТУ, 2002. -С. 88-89.

8 Астахов А.Ю. Обобщенная модель процесса изготовления трубопроводной арматуры повышенного качества // Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2002. - №1 -С. 44-45.

Соискатель

А.Ю. Астахов

Подписано к печати ___ __ 2002 г. Формат бумаги 60x84/16

Бумага писчая. Печать офсетная.

Печ. Листов 1,5. Тираж 90 экз. Заказ ___.

Типография Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Адрес: 450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.