

# **Разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом закалки спиральношовных труб**

## **Development automatic system control technical process helical hardening pipes**

### **Медведева Л.И**

канд. техн. наук, доцент, кафедра ВАЭиВТ, Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград  
e-mail: lyumed@yandex.ru

### **Medvedeva L.I**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Volga Polytechnic Institute (branch) of the Volgograd Technical University, Volgograd  
e-mail: lyumed@yandex.ru

### **Бусловский К.К**

студент, группа ВХАЗ-546, Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград

### **Buslovskiy K.K**

Student, group VHAZ – 546, Volga Polytechnic Institute (branch) of the Volgograd Technical University, Volgograd

### **Аннотация**

В статье рассматривается необходимость модернизации автоматизированной системы управления технологическим процессом закалки спиральношовных труб.

**Ключевые слова:** спиральношовные трубы, термообработка, система автоматического регулирования, контроллер, качество продукции, приборы.

### **Abstract**

In the article considers necessity for modernization automatic system control technological process spiral welded hairpins pipes.

**Keywords:** spiral welded hairpins pipes, heat treatment, automatic control system, controller appliances, product quality.

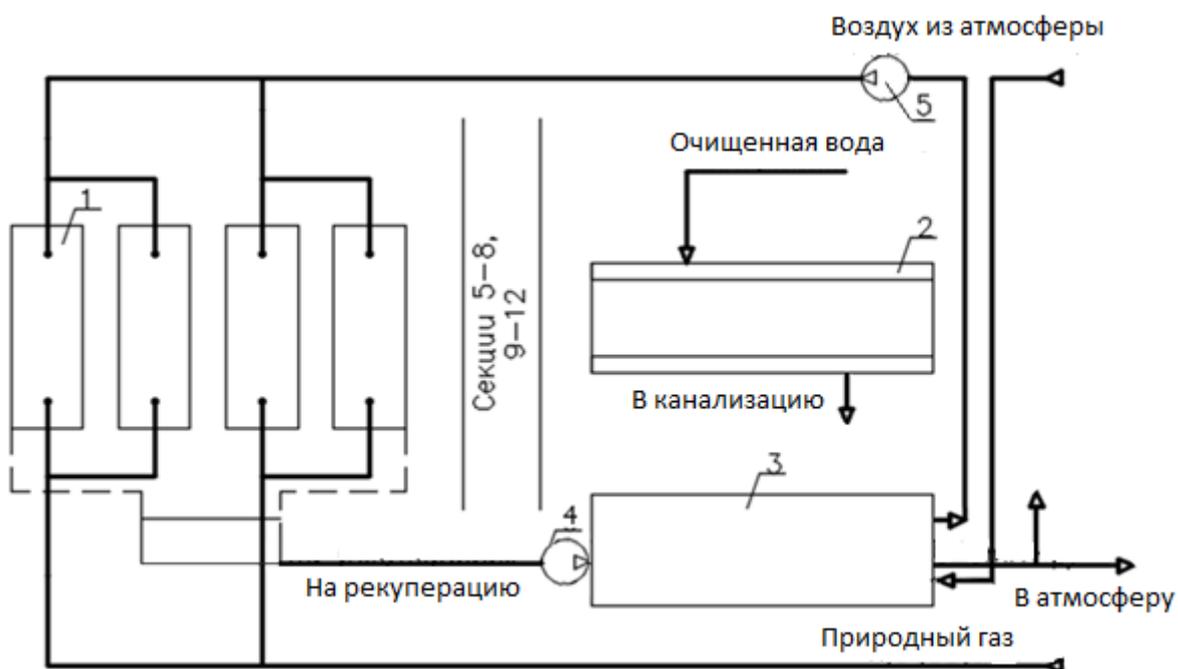
Трубы сварные спиральношовные большого диаметра предназначены для строительства магистральных нефтегазопроводов, промысловых нефтепроводов, трубопроводов общего назначения, трубопроводов для тепловых сетей и атомных станций. Их производство на большинстве трубных заводов ведется методом электродуговой сварки под слоем флюса. После термообработки:

- микроструктура металла приобретает однородное строение по всем участкам трубы, т.е. основной металл, металл шва, зона термического влияния сварки становятся однородными по структуре;
- устраняются различия в механических характеристиках элементов конструкции трубы;

- происходит одновременное повышение прочностных и вязкопластических характеристик металла;
- полностью устраняются внутренние напряжения в трубах, связанные с формовкой и сваркой;
- измельчается зерно в стали, что положительно сказывается на сопротивлении материала хрупкому разрушению.

Применение спиральношовных труб снижает потери при аварийном разрушении трубопроводов, так как спиральный шов препятствует распространению продольных магистральных трещин в трубопроводах – наиболее опасному виду разрушения [1].

Технология процесса термообработки заключается в следующем. Трубы с определенным интервалом (0,5 м) поступают в печь заковки, где проходят через все секции, постепенно нагреваясь до температуры 940–980°C (температура нагрева зависит от химического состава металла), а затем в спрейер для охлаждения, где приобретают нужные характеристики прочности металла (рис. 1). Возможный диаметр труб, проходящих через печь заковки, от 530 до 1420 мм, а длина труб не более 10÷12 м.



**Рис. 1.** Схема процесса термообработки спиральношовных труб диаметром 530–1420 мм (1 – первая секция печи (из 12-ти); 2 – спрейер; 3 – рекуператор; 4, 5 – насосы)

Печь состоит из 12 секций для нагрева, между которыми установлены транспортирующие устройства – диски (кольца). В оборудование печи входят: газо-, воздухопроводы, шиберы, дутьевые вентиляторы, механизация загрузки и выгрузки труб, щит контроля теплового режима и управления им. Обогревается печь природным газом.

Термоупрочнение труб включает в себя заковку и последующий отпуск труб. Давление во всех зонах печи должно быть отрицательным. Температура дыма после рекуператора поддерживается не выше 700 °С. Охлаждение труб с высокой температурой нагрева осуществляется в спрейере. Секционирование спрейера обеспечивает одновременную работу всех или только отдельных его секций. На спрейер должна подаваться вода, очищенная от механических примесей с температурой 10–28°C. Расход воды в спрейере закалочной печи зависит от диаметра труб, толщины стенки и характеристик металла (прочность металла).

На трубоотделке производится обработка концов труб (обрезка, снятие фаски и торцевого притупления), испытание труб на гидравлических прессах в соответствии с

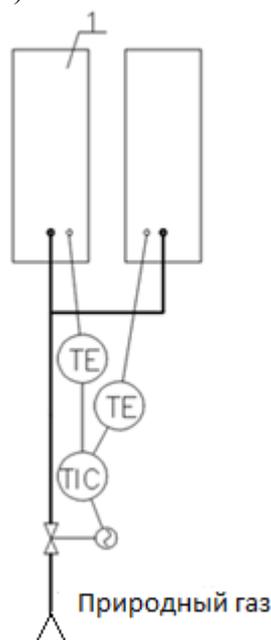
техническими условиями, рентгено-телевизионный контроль, зачистка мелких дефектов, окончательный контроль, взвешивание, замер длины и клеймовка.

Целью управления технологическим процессом является обеспечение термообработки спиральношовных труб диаметром 530–1420 мм, в соответствии с технологическим регламентом, при оптимальных затратах на процесс, при условии, что процесс будет безопасным и безаварийным [2].

Технологический процесс характеризуется входными, выходными и режимными параметрами. Входные параметры дают представление о материальных и энергетических потоках на входе в технологический объект управления. Значение режимных параметров непосредственно влияет на выходные параметры. Таким образом, все эти параметры, а именно: входные, выходные и режимные, связаны между собой. Требования к поддержанию режимных и особенно выходных параметров являются обязательным условием проведения технологического процесса. Так же сложность управления заключается в наличии внешних и внутренних возмущающих воздействий.

Таким образом, для устранения возмущений необходимо контролировать и регулировать входные параметры, не допускать изменения режимов и отклонений от технологического процесса, только в этом случае достигается качество конечной продукции и заданная производительность. Основными в рассматриваемом процессе системами автоматизированного управления параметрами являются следующие.

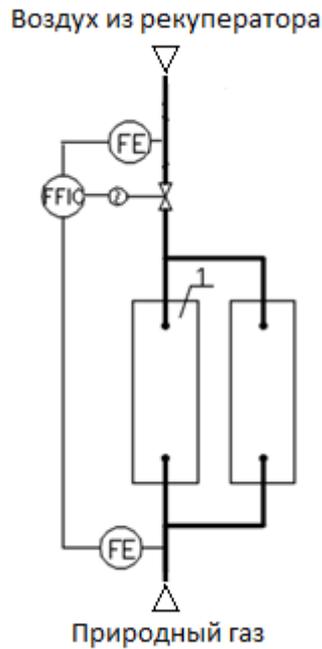
Заданная, исходя из марки стали, температура под закалку поддерживается в зоне нагрева печи выбранной системой автоматического регулирования (САР) температуры в печи путем изменения подачи газа (рис. 2).



**Рис. 2.** САР температуры в печи путем изменения подачи газа

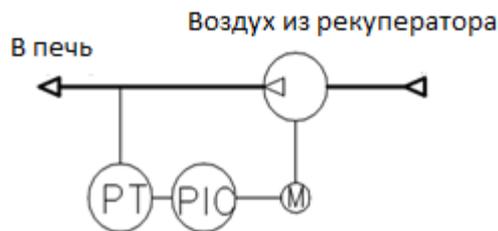
Данная система, имеющая две точки отбора температуры на две секции и общую линию подачи природного газа, применяется к последующим секциям 3 и 4, 5 и 6, 7 и 8, 9 и 10; по две точки отбора температуры в секции 11 и 12.

Требуемое для сжигания соотношение газа и воздуха соблюдается выбранной системой автоматического регулирования (САР) соотношения расхода газа и воздуха путем изменения подачи воздуха (рис. 3). Данная система улучшает экономические показатели, уменьшая расход топлива и обеспечивая полное сгорание газозвоздушной смеси, а также снижает возможность возникновения аварийных ситуаций.



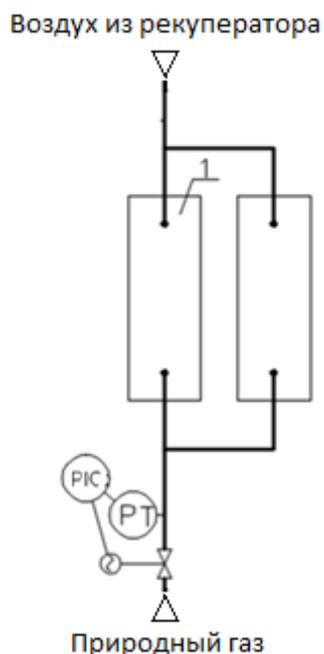
**Рис. 3.** САР соотношения расхода газа и воздуха путем изменения подачи воздуха

Подача воздуха осуществляется насосом из атмосферы под заданным давлением выбранной системой автоматического регулирования (САР) давления воздуха на печь путем изменения подачи насосом (рис. 4).



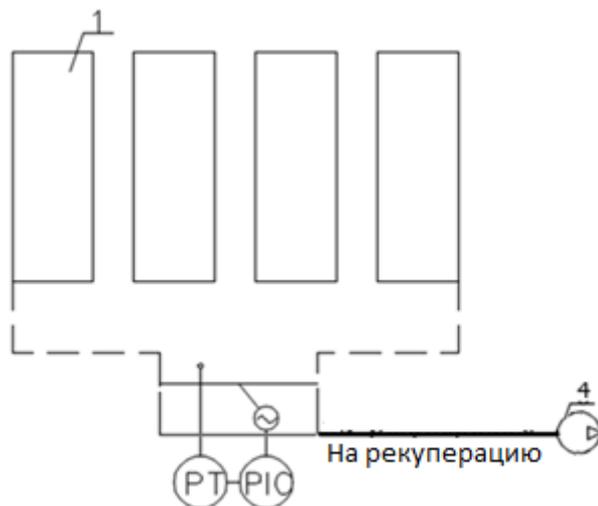
**Рис. 4.** САР расхода дистиллята путем изменения его подачи в колонну

Технологический регламент устанавливает давление газа и воздуха перед горелками на печь в 300÷700 мм вод. ст. Изменение подачи газа из линии заводской сети осуществляется выбранной системой автоматического регулирования (САР) давления газа перед горелками на печь путем изменения его подачи (рис. 5), исходя из разности давлений газа и воздуха.



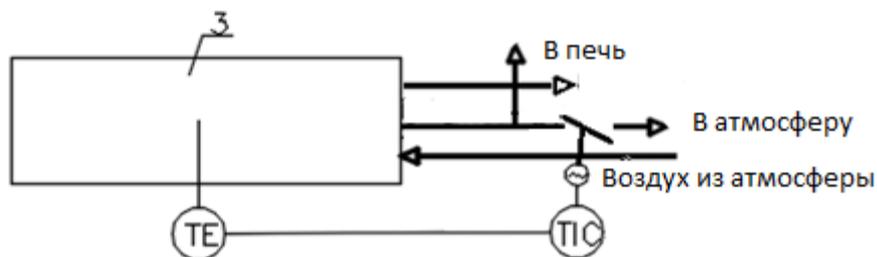
**Рис. 5.** САР давления газа перед горелками на печь путем изменения его подачи

Для поддержания отрицательного давления в зонах печи выбирается система автоматического регулирования (САР) давления в зонах печи путем изменения положения шиберов на линии отвода в рекуператор (рис. 6). Данных систем 3: на 1–4, 5–8, 9–12 секции.



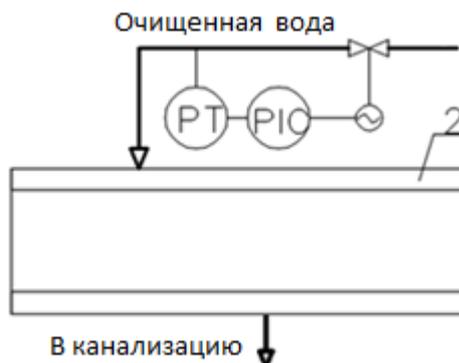
**Рис. 6.** САР давления в зонах печи путем изменения положения шиберов на линии отвода в рекуператор

Изменение температуры дымовых газов в рекуператоре в заданных пределах осуществляется системой автоматического регулирования (САР) температуры дымовых газов в рекуператоре путем изменения положения шиберов на линии отвода в атмосферу (рис. 7).



**Рис. 7.** САР температуры дымовых газов в рекуператоре путем изменения положения шиберов на линии отвода в атмосферу

Охлаждение в спреере труб с разными характеристиками требует внедрения системы автоматического регулирования (САР) давления очищенной воды путем изменения ее подачи в спреер (рис. 8) и позволяет обдать трубу со всех сторон, исключив неравномерное обливание.



**Рис. 8.** САР давления очищенной воды путем изменения ее подачи в спреер

Проведенный анализ регулируемых параметров и каналов внесения регулирующих воздействий показывает, что разработанная система автоматического управления процессом термообработки спиральношовных труб диаметром 530–1420 мм отвечает требованиям технологического регламента [3].

Следующим этапом модернизации системы автоматизированного управления технологическим процессом является замена морально устаревших средств автоматизации на более прогрессивные. В качестве основного узла управления выбирается программируемый контроллер SIEMENS S7-1500 – универсальный модульный программируемый контроллер для автоматизации циклических процессов во всех секторах промышленного производства.

При выборе датчиков измерения используются следующие приборы и средства автоматизации:

- 1) преобразователи давления измерительные SIEMENS SITRANS P410 [4];
- 2) пирометр SIEMENS ARDOCELL PA [5];
- 3) защитная аппаратура и устройства ручного управления и сигнализации [6];
- 4) электропривод SIEMENS GIB163.1E, SIEMENS SKC62, SIEMENS SKP15 [9-7];
- 5) вихревой расходомер SITRANS FX [10-8];
- 6) трансформатор SIEMENS SENTRON 4AC3763-0 [11-9].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что система управления процессом закалки спиральношовных труб, созданная на базе микропроцессорной техники с использованием современного оборудования в области автоматизации технологических производственных процессов, удовлетворяет заданным требованиям и обеспечивает заданное регулирование процессом, что естественно отражается на качестве и эффективности готовой продукции.

Автоматизация приводит к улучшению основных показателей эффективности производства: увеличению количества, улучшению качества и снижению себестоимости выпускаемой продукции, повышению производительности труда. Внедрение автоматических устройств обеспечивает высокое качество продукции, сокращение брака и отходов, уменьшение затрат сырья, энергии, уменьшение численности основных рабочих, снижение капитальных затрат.

## Литература

1. Технологический регламент трубоэлектросварочного цеха АО «ВТЗ»
2. ГОСТ 21.408–2013. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – Введ.2014-11-01. –М.: Стандартинформ, 2014. – 38 с.
3. *Гольцов А.С.* Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / сост. А.С. Гольцов, М.А. Трушников, Л.И. Медведева; ВИИ (филиал) ВолгГТУ, - Волгоград, 2011. – 80 с.
4. Датчик давления SIEMENS [Электронный ресурс]// SITRANS P410, Technical description URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Products/10263894?tree=CatalogTree> (дата обращения 10.04.2019)
5. Датчики температуры SIEMENS [Электронный ресурс]// ARDOCELL PA – Industry Mall – Siemens WW URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10326023?tree=CatalogTree#Overview> (дата обращения 10.04.2019)
6. Кнопки, переключатели, светосигнальная арматура ИЕК [Электронный ресурс]// 07.04.01 Кнопки, переключатели, светосигнальная арматура URL: [https://www.iek.ru/products/catalog/oborudovanie\\_kommutatsionnoe\\_i\\_ustroystva\\_upravleniya/ustroystva\\_podac\\_hi\\_komand\\_i\\_signalov/knopki\\_pereklyuchateli\\_svetosignalnaya\\_armatura/](https://www.iek.ru/products/catalog/oborudovanie_kommutatsionnoe_i_ustroystva_upravleniya/ustroystva_podac_hi_komand_i_signalov/knopki_pereklyuchateli_svetosignalnaya_armatura/) (дата обращения 10.04.2019)
7. Электропривод SIEMENS [Электронный ресурс]// SIMATIC S7-1500 – Россия URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Products/10204162?tree=CatalogTree> (дата обращения 10.04.2019)
8. Расходомер SIEMENS [Электронный ресурс]// SITRANS FX330 - Industry Mall Siemens Russia URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Products/10284723> (дата обращения 10.04.2019)
9. Трансформатор SIEMENS [Электронный ресурс]// Детальные Данные Продукта Industry Mall Siemens Russia URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/4AC3763-0> (дата обращения 10.04.2019)