

УДК 620.91

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПОДОГРЕВА И  
ВЫРАВНИВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТРУБ В ПЕЧИ С ШАГАЮЩИМИ  
БАЛКАМИ**

**Свеженцев М.Ю.**

*аспирант,  
ВПИ (филиал) ВолгГТУ,  
г. Волжский, Россия*

**Аннотация**

Управление нагревом металла в промышленных печах представляет собой довольно сложный технологический процесс, на основные показатели эффективности которого влияют такие возмущающие воздействия, как: изменение расхода горючей смеси, температура труб до попадания их в печь, равномерность прогрева труб, давление в печи, температура воздуха, подаваемого с горючей смесью. Обозначенные особенности, наличие большого количества точек контроля и управления, а также высокая чувствительность к рабочим параметрам не могут гарантировать высокое качество ручного управления процессом. Решение этих проблем невозможно без своевременного и точного воздействия на процесс, а также без соблюдения более высоких требований к качеству и безопасности процессов. Значимость проведенного исследования заключается в том, что полученные полуденные позволят усилить стабильность, наблюдаемость и управляемость процесса, что позволит повысить производительность и безопасность производства.

**Ключевые слова:** печи с шагающими балками, режимные параметры, температура, нагрев труб, технологический процесс, автоматизация, схема устройства, автоматическая система управления технологическим процессом, безопасность.

***DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF HEATING AND ALIGNING THE PIPE TEMPERATURE IN A FURNACE WITH STEPPING BEAMS***

***Svezhentsev M. Yu.***

*graduate student,*

*VPI (branch) VolgSTU,*

*Volzhsky, Russia*

**Annotation**

The control of metal heating in industrial furnaces is a rather complicated technological process, the main performance indicators of which are influenced by such disturbing effects as: changes in the flow rate of the combustible mixture, the temperature of the pipes before they enter the furnace, the uniformity of heating of the pipes, the pressure in the furnace, and the temperature of the air supplied with a combustible mixture. The indicated features, the presence of a large number of monitoring and control points, as well as high sensitivity to operating parameters cannot guarantee the high quality of manual process control. The solution to these problems is impossible without timely and accurate impact on the process, as well as without compliance with higher requirements for the quality and safety of processes. The significance of the behavioral research lies in the fact that the obtained midday data will enhance the stability, observability and controllability of the process, which will increase the productivity and safety of production.

**Keywords:** walking beam furnaces, operating parameters, temperature, heating of pipes, technological process, automation, device diagram, automatic process control system, safety.

Назначение печей с шагающими балками заключается в том, что в них происходит газовое нагревание массивных блюмов, слябов, балочных заготовок перед пластической деформацией (прокаткой), а также для других термических

процессов [2]. В процессе ходьбы подвижные балки движутся по следующей траектории: вверх, вперед, вниз, назад, которая называется циклом.

Следующая труба не может быть подана в печь до тех пор, пока цикл не будет завершен, поскольку труба, входящая в печь, когда подвижные балки подняты, ударяется о ближнюю подвижную балку и разбивает ее, выводя печь из строя.

Максимальная производительность печи 240 т / ч. Время нагрева труб зависит от толщины стенки трубы, максимальное время нагрева составляет до 10 часов. Темп погрузки и выгрузки - 15 сек.

Следующая труба, входящая в печь, повторяет тот же цикл, что и предыдущая, в то время как ранее вошедшая труба перемещается на рядом стоящую позицию. Внутри, печь имеет 24 таких позиций для нахождения в ней до 24 труб.

Основным рабочим параметром процесса выступает температура в каждой зоне печи, и именно с ней связаны основные трудности в управлении процессом. Сложность управления процессом нагрева и выравнивания температуры труб в печи состоит в том, что невозможно контролировать основные показатели эффективности процесса, поскольку средняя температура нагрева труб зависит от марки стали, от времени нахождения трубы вне печи (на предыдущей стадии), состава и расхода горючей смеси, т.е. нет конкретного параметра, который бы однозначно оценивал среднюю температуру нагрева труб и ее устойчивость к внешним воздействиям. А также нет соответствующих приборов для непосредственного измерения качества и нет каналов для внесения регулирующих воздействий.

Научные изыскания в рамках управления технологическим процессом широки и разнообразны и охватывают такие направления, как: усовершенствование топочных и нижних шагающих балочных печей [8], уменьшение расхода топлива на нагрев и энергии на прокатку изделия в печи [6], повышение производительности и качества нагрева в результате

Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

модернизации системы автоматизации печей с шагающими балками [1], предложения по регулированию температуры одного из контуров трубы в печи с шагающими балками [5].

Обратимся к анализу отдельных конструкторских решений в направлении автоматизации данной области.

Так, усовершенствование топочных и нижних шагающих балочных печей предложенное W Suydam, в которых нижние горелки, как и верхние, горят противоположно направлению движения заготовок от загрузочного до разгрузочного конца печи позволит механизму вне печи на одном конце двигает более неработающую секцию луча и на противоположном конце двигает траверсирующий элемент луча, и каждый держит свою балку против сквозного перемещения, когда другой движется.

Это достигается за счет использования множества параллельных узлов шагающей балки, каждый из которых имеет две разнесенные стационарные секции балки с водяным охлаждением, имеющие опорный рельс вдоль верхней части. Днища этих боковых частей жестко интегрированы через нижнюю секцию балки с водяным охлаждением. Над нижним участком балки имеется опорная для продольного перемещения секция холостой балки, продольное перемещение которой в одном направлении поднимает секцию холостой балки, а в противоположном направлении опускает ее. Существует продольно-подвижная поперечная балка, имеющая в верхней части несущий рельс, который поднимается над опорными рельсами на боковых элементах балки, когда поднимается более ленивая балка, но который обычно ниже опорных рельсов. После того как траверсная балка поднята, ее продольно перемещают к разгрузочному концу печи, а при опускании возвращают в нормальное положение. Комбинированные тяги и распорки через равные промежутки вдоль узла соединяют верхние части боковых секций балки таким образом, что балка фактически представляет собой коробчатое сечение, внутри которого находятся элементы шагающей балки [8].

А.М. Сорокиным, Л.И.Даниловым, Ю.В. Липухиным и С.Н. Бюльгером предлагаются к применению устройства для нагрева металла перед обработкой давлением (прокаткой) и может быть использовано в металлургической и других отраслях промышленности. Цель – уменьшение расхода топлива на нагрев и энергии на прокатку за счет улучшения геометрии нагреваемой заготовки. Сущность изобретения заключается в том, что рейтеры на балках печи размещены своей широкой стороной перпендикулярно оси балок (продольной оси печи). Такое расположение рейтеров позволяет избежать провисание заготовки, увеличив длину опоры заготовки, и тем самым сохранить геометрию заготовки после нагрева, что позволяет сократить расход топлива на нагрев заготовок и расход энергии на прокатку [6].

Анализ широкомасштабной модернизации системы автоматизации трех нагревательных печей с шагающими балками в цехе горячей прокатки полосы, представленный в публикации С. Ботхена, К. Нолте, А. Пфанненшмидта, показал, что наряду с повышением эффективности управления режимами работы печей авторами реализована задача полной автоматизации материального потока между складом слябов и прокатным станом [1]. Первые производственные результаты показали, что энергопотребление было значительно снижено благодаря оптимизации управления режимом нагрева печи, а производительность блока увеличилась. Новая система управления движением слябов позволила снизить нагрузку на обслуживающий персонал, минимизировать вероятность возникновения ошибок и, благодаря более щадящему режиму работы, снизить затраты на техобслуживание.

Предложенное А.В. Савчиц, В.П. Смирновым решение, направленное на регулирования расхода природного газа для поддержания заданной температуры печи отличается тем, что основной системой автоматического регулирования выступил САР температуры трубы в печи, путем изменения подачи метана (рисунок 1) [5, с.20].

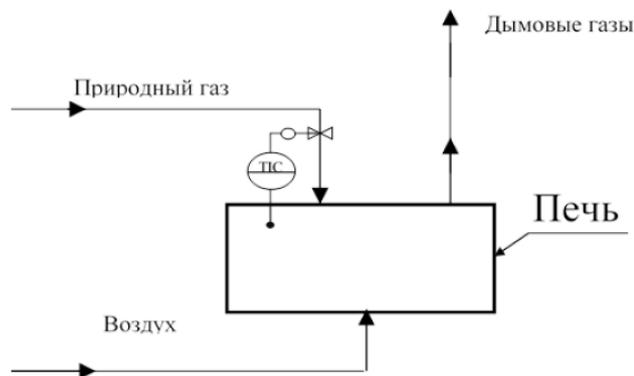


Рис.1 – Схема регулирования расхода природного газа для поддержания заданной температуры печи

Проведенное авторами математическое моделирование предложенного процесса с последующим расчетом коэффициентов настройки, позволило выявить стабильность, наблюдаемость и управляемость процесса, что говорит о том, что предложенные технологические решения позволят снизить затраты и повысить производительности производства за счет оптимизации временных затрат и ресурсного обеспечения процесса.

На основании проведенного анализа и опираясь на имеющийся прикладной опыт, можно предложить следующие технические решения в рамках усовершенствования системы автоматического контроля и регулирования температуры в печи изменения расхода горючей смеси в горелки (рисунок 2).

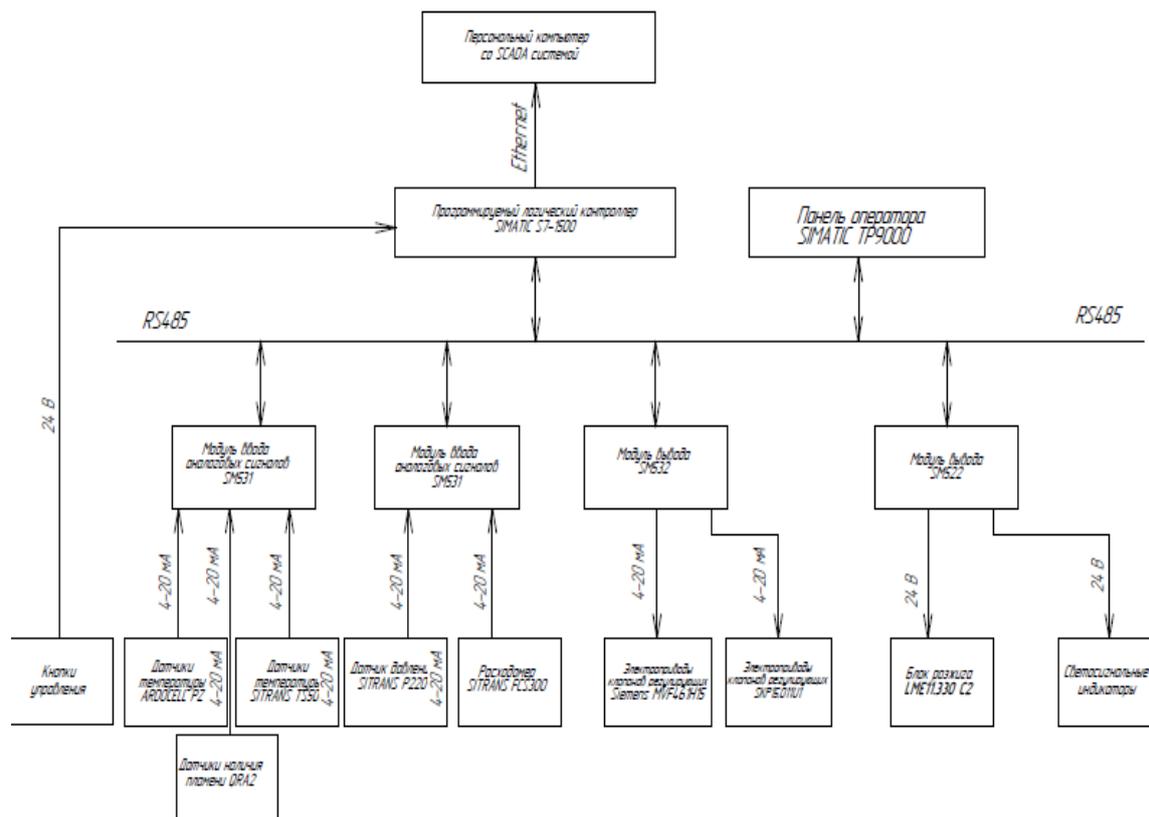


Рис.2 – Технологическая схема усовершенствованного процесса автоматического контроля и регулирования температуры в печи изменения расхода горючей смеси в горелки (авторская разработка)

Как видно из представленной схемы, предлагаемая АСУ ТП процессом подогрева и выравнивания температуры труб в печи с шагающими балками представлена тремя уровнями (рисунок 3).



Рис.3 – Уровни системы автоматизации усовершенствованного процесса автоматического контроля и регулирования температуры в печи изменения расхода горючей смеси в горелки (авторская разработка)

Весь процесс управления технологическим процессом подогрева и выравнивания температуры труб в печи с шагающими балками будет отражаться на панели оператора TP900 Comfort фирмы SIEMENS, которая предназначена для загрузки управляющей программы (проекта) функционирования программируемого логического контроллера (ПЛК) или других приборов, к которым подключается панель, а также мониторинга функционирования и редактирования значений параметров функционирования (рисунок 4) [3].

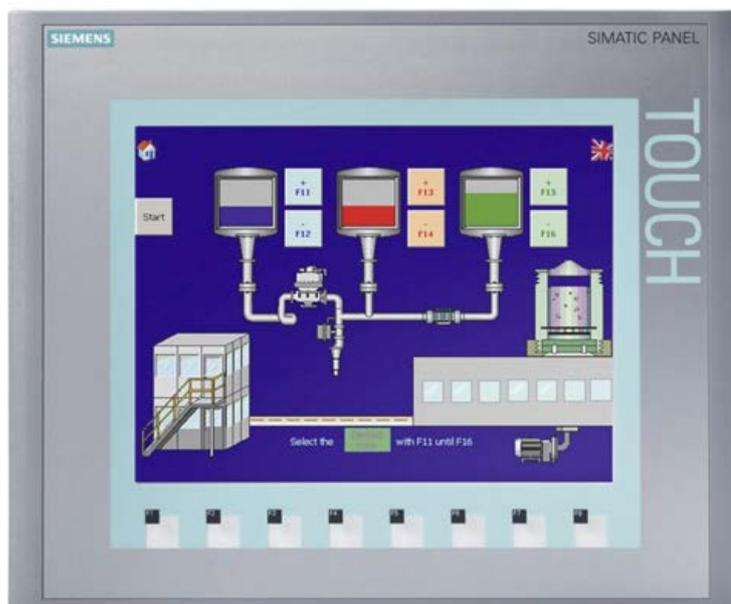


Рис.4 – Внешний вид сенсорной панели оператора SIMATIC TP9000 Basic panel color DP 10.4

Представленная на рисунке 4 панель оператора SIMATIC TP9000 Basic panel color DP 10.4 позволяет отображать на экране ход выполнения технологического процесса и редактировать значения параметров, отвечающих за функционирование системы [7, с. 260].

В качестве управляющего контроллера предлагается к использованию микропроцессорный контроллер «SIMATIC S7-1500» фирмы SIEMENS, а также модули ввода/вывода аналоговых (SM531, SM 532) и дискретных сигналов напряжения (SM 521, SM 522).

ПЛК SIMATIC S7-1500 предназначен для управления подогревом и выравниванием температуры труб в печи с шагающими балками и базируется на дальнейшем развитии и совершенствовании функциональных возможностей хорошо известных программируемых контроллеров S7-300 и S7-400 (рисунок 5) [4].



Рис.5 – Внешний вид ПЛК SIMATIC S7-1500

Улучшенная производительность системы, встроенная поддержка стандартных функций управления перемещением, обмен данными через PROFINET в режиме IRT (Isochronous Real Time), языковые расширения пакета STEP 7, возможность использования в производственных и перерабатывающих отраслях промышленности, а также поддержка проверенных временем функций S7-300/400 гарантируют получение неоспоримых преимуществ использования нового контроллера.

Целью любой системы управления является обеспечение оптимального режима функционирования объекта управления, которое оценивается одним или несколькими критериями управления. Основными показателями эффективности процесса нагревания труб являются: средняя температура, равномерность прогрева труб, производительность установки, количество материальных и энергетических затрат на процесс.

Смоделируем процесс управления заданной средней температуры нагрева труб, которая определяется рядом физикомеханических свойств деталей и свойств горючей смеси, при минимальных энергетических и материальных затратах на процесс и оптимальной производительности и имеет вид структурной схемы замкнутой системы регулирования с обратной связью, где реализуется ПИ-закон регулирования (рисунок 6).

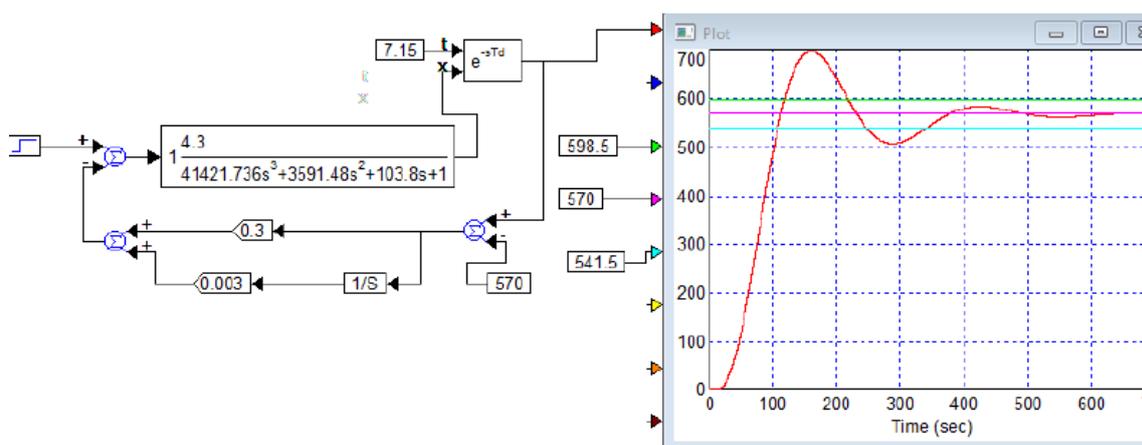


Рис. 6 – Структурная схема замкнутой системы регулирования (ПИ-регулятор)  
(авторская разработка)

Изучая блок реализации переходного процесса системы управления, можно сказать, наблюдается переходный процесс с затухающими колебаниями, что говорит об устойчивости системы, а сам процесс охарактеризовать как безаварийный и безопасный.

Изложенные подходы к модернизации процесса подогрева и выравнивания температуры труб в печи с шагающими балками, путём внедрения новейшего оборудования и переработки системы управления, а также моделирование и экспериментальное тестирование их целесообразности позволяет отметить, что предлагаемое к реализации технологическое решение повлияло на исключительную точность отслеживаемых и задаваемых технологических параметров и процессов, происходящих в теплоизлучателях.

Предлагаемая автоматическая система регулирования технологического процесса, безусловно, окажет влияние на качество выдаваемой установкой продукции, а также позволит повысить безопасность технологического процесса и улучшить условия работы обслуживающего персонала за счет минимизации влияния на процесс «человеческого фактора», и повысить точность происходящих процессов в теплоизлучателях.

### **Библиографический список:**

1. Ботхен С. Повышение производительности и качества нагрева в результате модернизации системы автоматизации печей с шагающими балками / С. Ботхен, К. Нолт, А. Пфанненшмидт // Черные металлы. – 2004. - №11. – С. 19-23
2. Нагревательные печи с шагающими балками [Электронный ресурс]. - Режим доступа - URL:<https://mashprom.ru/competentions/metall/furnace/pechi-s-shagayushchimi-balkami/> (Дата обращения 25.04.2020).
3. Руководство по эксплуатации SITRANS P220 [Электронный ресурс]. - Режим доступа - URL: [simatic-market http://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10087579/info/](http://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10087579/info/) (Дата обращения 29.04.2020)
4. Руководство по эксплуатации панели оператора TP900. [Электронный ресурс]. - Режим доступа - URL: [http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/c\\_panels.pdf](http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/c_panels.pdf) (Дата обращения 29.04.2020).
5. Савчич А.В. Автоматизированная система управления процессом подогрева и выравнивания температуры труб в печи с шагающими балками / А.В. Савчиц, В.П. Смирнов // Меридиан. – 2020. - №. №4(38). – С. 19-22
6. Сорокин А.М. Нагревательная печь с шагающими балками/ А.М. Сорокин, Л.И.Данилов, Ю.В. Липухин, С.Н. Бюльгер / Авторское свидетельство US1683383, 10.10. 1996. Заявка № 4748033/02, от 10.191989.
7. Mark Had. Lime burning / Mark Had, Jorge Scott, Brebbia Jems USA. California 2013. , pp.255-265
8. Suydam W Шагающая балочная печь / W Suydam / Авторское свидетельство US3749550, 31.07.1973. Заявка № 766907/23-5 от 01.03.1972.

*Оригинальность 76%*