

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

*Кафедра компьютерной физики и метаматериалов  
на базе Саратовского филиала  
Института радиотехники и электроники  
им. В.А. Котельникова РАН*

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА  
НА ПРИМЕРЕ АО «САРАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ СТЕКЛА»**

**АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 2 курса 252 группы  
направления 03.04.02 «Физика» физического факультета  
**Измайлова Руслана Анвяровича**

Научный руководитель  
д.ф.-м.н. профессор

В. М. Аникин

Заведующий кафедрой  
д.ф.-м.н. профессор

В. М. Аникин

Саратов  
2017

## Введение

**Структура работы.** Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников литературы и приложения. В первой главе проведен подробный анализ теоретических основ производства листового стекла. Детально раскрыта технологическая схема производства стекла на предприятии АО «Саратовский институт стекла». Во второй главе проведен анализ объекта автоматизации и рассмотрен вопрос оптимизации режимов нагрева листового стекла. Общий объем 49 с.; библиографический список содержит 48 источников.

Распределение материала по главам:

Список сокращений

Введение

Глава 1 .

Технологическая схема производства стекла на линии ЭПКС-4000 22

1.1. Шихтосмесительная установка

1.2. Участок стекловарения

1.3. Ванна расплава

1.4. Участок отжига стекла

1.5. Участок резки

1.6. Упаковка стекла

Глава 2. Автоматизация процесса нагрева листового строительного стекла

при закалке на основе оптимизации рабочих режимов многосекционной закалочной печи

2.1. Анализ объекта автоматизации и состояния вопроса оптимизации режимов нагрева листового стекла при закалке

2.2. Обоснование ограничений и критериев оптимальности режимов нагрева листового стекла в закалочной печи

Заключение

Список использованных источников

ПРИЛОЖЕНИЕ. Свойства и обработка стекла

**Актуальность работы.** Изделия из листового закаленного стекла широко применяются на транспорте и в строительстве. Это обусловлено его улучшенными механическими свойствами: прочность закаленного стеклоизделия в несколько раз выше прочности такого же изделия после отжига; кроме того, после закалки стекла существенно изменяется характер его разрушения - благодаря наличию внутренних механических напряжений в закаленном стеклоизделии при его разрушении образуется множество мелких осколков безопасной формы.

С целью повышения эффективности производства закаленного листового строительного стекла целесообразно совершенствовать методику и средства выбора и поддержания оптимальных по продолжительности нагрева рабочих режимов многосекционной закалочной печи, при которых выполняются заданные технологические и эксплуатационные ограничения. В результате декомпозиции поставленной задачи исследования можно выделить несколько частных задач, подлежащих решению:

- 1) синтезировать закон оптимального по быстродействию управления нагревом листового стекла при закалке;
  - 2) разработать алгоритмы выбора оптимальных рабочих режимов многосекционной закалочной печи по критерию производительности теплотехнологической установки;
- произвести синтез контуров стабилизации основных режимных параметров многосекционной закалочной печи.

### **Содержание работы**

Работа выполнена на основе обработки большого количества материала по технологии производства листового стекла. Проведена оценка проблем автоматизации процесса стекольного производства, изучены проблемы производства.

При производстве строительного стекла на предприятии «Саратовский институт стекла» решаются следующие задачи автоматизации процесса:

- на основе анализа требований, предъявляемых к процессу термообработки листового стекла сформулированы технологические и эксплуатационные ограничения, обоснована возможность использования требования сокращения продолжительности;нагрева в качестве единого критерия оптимальности процесса;
- разработана математическая модель сложного теплообмена в стеклянной пластине в форме пространства состояний, позволяющая использовать для синтеза оптимальных динамических режимов нагрева стекла методы теории оптимального управления;
- сформулирована задача условной оптимизации по критерию максимального быстродействия динамических режимов сложного нагрева стеклянной пластины, решение которой позволило получить упрощенное условие оптимальности процесса нагрева, состоящее в необходимости поддержания в процессе нагрева максимального допустимого при заданных ограничениях значения температуры источников;
- Разработана методика формального синтеза оптимальных по критерию максимальной производительности теплотехнологической установки рабочих режимов закалочной печи, основанная на решении задачи оптимизации динамических режимов нагрева стеклянной пластины с учетом ограничений на пространственное распределение температуры источников тепла и эксплуатационных ограничений теплотехнологической установки, которая позволяет по заданным характеристикам стекла и теплотехнологического оборудования определить оптимальные значения температур источников нагревательных секций и скоростей транспортирования заготовок по зонам печи, при которых обеспечивается максимальная производительность установки и выполняются заданные технологические и эксплуатационные ограничения, а в случае невозможности реализации оптимального процесса на имеющемся оборудовании выработать соответствующие рекомендации;
- Произведена оценка изменения основных показателей эффективности работы теплотехнологической установки при реализации оптимальных рабочих

режимов, в результате которой установлено, что за счет изменения режимных параметров в соответствии с разработанными алгоритмами обеспечивается повышение производительности установки при одновременном снижении удельного расхода энергии;

- проведено исследование влияния возможных отклонений режимных параметров закалочной печи от расчетных значений на динамику нагрева стекла;

- разработана структура двухуровневой распределенной системы автоматизации процесса нагрева листового стекла при закалке, реализующей теоретические решения,

- осуществлен синтез оптимальных по критерию суммарной квадратической ошибки цифровых регуляторов контуров стабилизации температуры нагревательных секций и скоростей транспортирования заготовок по зонам печи;

- дано теоретическое обоснование способа контроля динамических режимов нагрева стекла путем измерения температур фоновой поверхности печи и поверхности стекла при помощи специализированного автоматического пирометра.

### **Заключение**

Автор выпускной квалификационной работы и вместе с отделом КиП принял участие в решении следующих производственных проблем:

- формулировка условий оптимизации по критерию максимального быстродействия динамических режимов сложного нагрева стеклянной пластины;

- разработка методики формального синтеза оптимальных по критерию максимальной производительности теплотехнической установки рабочих режимов закалочной печи;

- проведение оценки влияния возможных отклонений режимных параметров закалочной печи от расчетных значений на динамику нагрева закалочной печи;

- разработка структуры двухуровневой распределенной системы автоматизации процесса нагрева листового стекла при закалке.