

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «ТГТУ»,
доктор технических наук, профессор

Д.Ю. Муромцев

(подпись)

« 14 »

12

2022 г.

(дата, м.п.)

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» на диссертационную работу Андриановой Валентины Ивановны **«Моделирование и управление технологическим процессом закалки стекла для автомобильного транспорта»**, представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования.

Тема диссертационной работы связана с разработкой и исследованием математических моделей технологических процессов в стекольной промышленности. Диссертация Андриановой В.И. посвящена решению следующих задач: структурному моделированию технологического процесса производства закаленного стекла для автомобильного транспорта; разработке нейросетевых моделей геометрической формы и механической прочности закаленного стекла; определению оптимального режима закалки автомобильного стекла, обеспечивающего минимальные отклонения формы стекла от контрольного шаблона и допустимые значения показателей характера разрушения стекла.

Автопроизводители предъявляют высокие требования к качеству закаленного автомобильного стекла. Поскольку даже незначительные отклонения технологических режимов закалки автомобильных гнутых стекол вызывают неисправимые дефекты изделия, технологический процесс закалки стекла требует постоянного контроля и управления. В связи с этим тема диссертационной работы Андриановой В.И., посвященной разработке моделей зависимости показателей качества закаленного стекла от параметров режима закалки, позволяющих повысить качество стекла за счет определения оптимального режима закалки, является актуальной.

Анализ структуры и содержания диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 138 наименований, 3 приложений. Текст диссертации изложен на 121 странице, включает 38 рисунков и 24 таблицы.

Во введении обоснована актуальность диссертационного исследования, определены цель и решаемые задачи, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе рассмотрен технологический процесс производства закаленного автомобильного стекла и его основные стадии. Описаны свойства закаленного стекла, его особенности. Рассмотрено оборудование этапов закалки и прессования. Разработана функциональная модель технологического процесса производства закаленного стекла в нотации IDEF0. Проведен анализ технологического процесса закалки стекла как объекта управления, разработана структурная схема процесса закалки как объекта управления и определены группы параметров, описывающих состояния объекта. Определены ключевые характеристики закаленного стекла, подлежащие особому контролю в производстве. Этап закалки стекла определен как критический процесс, влияющий на качество вырабатываемого стекла.

Во второй главе выполнена оценка технологической системы и технологических процессов производства закаленного автомобильного стекла по параметрам производительности, а также оценка отлаженности технологических процессов по режимным переменным и показателям качества закаленного стекла. Выявленная неоднородность данных температурного режима закалки и режима прессования не позволила корректно использовать традиционные статистические методы контроля. В связи с этим был предложен метод аксиоматического анализа контроля качества продукции. Сопоставление результатов оценки стабильности и точности технологического процесса закалки стекла, получаемых с использованием традиционных статистических методов и с помощью аксиоматического анализа, показало их несоответствие. Представленные результаты свидетельствуют о целесообразности применения метода аксиоматического анализа контроля качества в управлении технологическим процессом производства закаленного автомобильного стекла.

В третьей главе приведены результаты исследований и разработки нейросетевых моделей, описывающих зависимость характеристик (отклонений кромки стекла от контрольного шаблона и механической прочности) закаленного стекла от параметров режима закалки и учитывающих ограничения технологического регламента, накладываемые на режимные переменные. Показана высокая точность разработанных нейросетевых моделей по сравнению с известными регрессионными моделями.

В четвертой главе сформулирована задача оптимизации подбора режимов закалки стекла и разработан алгоритм управления технологическим процессом производства закаленного стекла. Представлены результаты имитационного моделирования функционирования технологического процесса с предложенным алгоритмом управления. Произведен расчет параметров оптимального режима закалки стекла. Результаты моделирования с использованием предложенных алгоритма и программы автоматизированного расчета оптимального режима закалки показали возможность повышения точности изготовления гнутых закаленных стекол для автомобильного транспорта и стабилизации из параметров на действующем производстве.

В заключении приведены основные результаты диссертационного исследования, говорящие о достижении цели работы и решении поставленных задач.

В приложении приведены акт опытно-промышленных испытаний разработанной программы автоматизированного расчета параметров режима закалки стекла для автомобильного транспорта, заключение на диссертацию от ООО «Стромизмеритель» и акт об использовании результатов диссертационного исследования в учебном процессе кафедры ИСПИ ВлГУ.

Цель работы, объект и предмет исследования.

Целью работы является повышение качества закаленного автомобильного стекла за счет определения оптимального режима закалки.

Объектом исследования является технологический процесс производства закаленного стекла для автомобильного транспорта.

Предметом исследования являются математические модели геометрических и механических свойств закаленного стекла и алгоритмы управления технологическим процессом производства закаленного стекла.

Теоретическая значимость, научная новизна и практическая ценность результатов диссертации.

В рамках выполнения диссертационной работы Андрианова В.И. осуществила формулировку цели и задач исследования, получение новых научных и практических результатов, сравнение рассчитанных характеристик закаленного стекла с экспериментальными данными, формирование выводов по работе.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в том, что для решения задачи повышения качества закаленного автомобильного стекла разработаны математические модели зависимости характеристик стекла от режима закалки.

В диссертации лично автором получены следующие результаты,

характеризующиеся *научной новизной*:

- разработаны структурные модели технологического процесса производства закаленного стекла для автомобильного транспорта;

- разработаны нейросетевые модели, описывающие зависимость отклонения формы стекла и показателей характера разрушения при испытании изделий от режимов закалки;

- предложен алгоритм управления технологическим процессом закалки гнутого стекла, основанный на использовании нейросетевых моделей и учитывающий нестационарность протекающих процессов;

- введен комплексный критерий для оценки качества вырабатываемого закаленного автомобильного стекла, учитывающий отклонение гнутых изделий от заданной формы и показателей характера разрушения изделий при испытаниях;

- разработана программа в среде MS Excel для автоматизированного расчета оптимального режима закалки стекла.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в создании программы автоматизированного расчета оптимального режима закалки стекла, позволяющей рассчитать оптимальные значения режимных переменных этапов закалки и прессования для выработки стекла с требуемыми показателями качества. Работоспособность программы доказана результатами и актом опытно-промышленных испытаний.

Достоверность результатов исследований.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректностью: экспериментальных измерений, проведенных на сертифицированном оборудовании ПКО «Автостекло» ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод»; использования аппарата нейронных сетей для разработки моделей геометрической формы и механической прочности закаленного стекла; постановки задачи оптимизации режима закалки стекла.

Апробация работы и публикации по диссертации.

Основные результаты диссертационной работы докладывались Андриановой В.И., обсуждались и были опубликованы в сборниках трудов российских и международных конференций. Результаты диссертационного исследования опубликованы в 19 публикациях, в том числе в 4-х статьях в рецензируемых изданиях из перечня, установленного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, и в двух статьях в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования WoS и SCOPUS.

Рекомендации по использованию результатов исследования.

Результаты диссертационной работы Андриановой В.И. рекомендуется использовать для контроля и управления технологическим режимом закалки на промышленных предприятиях, занимающихся производством закаленных автомобильных стекол.

Замечания по диссертационной работе.

1. Разработанные IDEF0-модели технологического процесса содержат слишком большое количество уровней декомпозиции: из пяти диаграмм непосредственно к решаемым задачам относятся лишь две (рисунки 1.11 и 1.12).

2. В работе предложено использовать аппарат нейронных сетей, поскольку распределение значений анализируемых показателей не подчиняется нормальному закону распределения. При этом использование других законов распределения не рассматривается.

3. Во второй главе отсутствуют подробные выкладки оценки стабильности режимных переменных процесса закалки стекла по методу аксиоматического анализа контроля качества продукции.

4. Предъявлены слишком жесткие требования к точности разрабатываемых нейросетевых моделей: допустимая погрешность модели принята равной погрешности измерения показателей качества закаленного стекла. Это приводит к необходимости переобучения сетей в процессе эксплуатации (глава 3).

5. Не обоснован выбор величины шага управления, принятой не более 10% интервала изменения режимных переменных (глава 4).

Отмеченные недостатки не являются существенными и не снижают высокого качества диссертационной работы.

Заключение по диссертационной работе.

Диссертация Андриановой Валентины Ивановны «Моделирование и управление технологическим процессом закалки стекла для автомобильного транспорта» представляет собой самостоятельно выполненную, завершённую научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная научная задача, заключающаяся в разработке и исследовании математических моделей и алгоритмов для оптимизации режимов закалки гнутого автомобильного стекла. Решение данной задачи имеет существенное значение для развития методов, моделей и алгоритмов построения автоматизированных систем управления технологическими процессами. Научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Автореферат отражает содержание диссертации, стиль изложения хороший. Структура диссертации и автореферата, их оформление соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в ведущих рецензируемых журналах. Работа выполнена на научно-техническом уровне, достаточном для кандидатских диссертаций и оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК РФ.

Таким образом, по степени актуальности, уровню теоретической проработки, научной новизне полученных результатов диссертационная работа Андриановой Валентины Ивановны удовлетворяет требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Андрианова Валентина Ивановна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Энергообеспечение предприятий и теплотехника» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», протокол № 4 от «14» декабря 2022 г.

Заведующий кафедрой «Энергообеспечение
предприятий и теплотехника»,
д.т.н., доцент

Алексей Николаевич Грибков

Профессор кафедры «Энергообеспечение
предприятий и теплотехника»,
д.т.н., профессор

Нина Филипповна Майникова

«14» 12 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Тамбовский государственный технический университет»

Адрес: 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, помещение 2

Телефон: +7 (4752) 63-10-19

Факс: +7 (4752) 63-06-43

E-mail: tstu@admin.tstu.ru

<https://www.tstu.ru>

