

Утверждаю

проректор по научной работе Ярославского государственного технического университета

д.х.н. _____

Голиков И.В.

«5» мая 2014 г.



Отзыв

ведущей организации Ярославского государственного технического университета на диссертацию Мазановой В.И. «Модели и алгоритм управления технологическим процессом закалки стекла для автомобильного транспорта» по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)

Перспективы развития российского производства автомобильного стекла и стекольной промышленности в целом связаны, в первую очередь, с расширением спроса на продукцию, как на внутреннем, так и на внешнем рынке. Конкуренция в условиях рыночной экономики обязывает стекольные заводы уделять значительное внимание проблеме качества. Успешное решение проблемы качества возможно путем совершенствования технологии производства и повышения ее экономичности.

Важное значение в повышении качества автомобильного стекла имеет автоматизация управления технологическими процессами, что определило актуальность диссертационной работы. В диссертации предложено решение задачи повышения качества вырабатываемого стекла за счет автоматизации управления технологическим процессом закалки автомобильных стекол с использованием моделей на нейронных сетях.

В первой главе проанализирован технологический процесс производства закаленного стекла как объект управления. Определены ключевые характеристики в производстве закаленного безопасного стекла. Выделены показатели и стадии процессов наиболее критичные с точки зрения их влияния на качество готовой продукции. Показано, что закалка одна из таких важнейших стадий. С целью обеспечения системности исследования формализованное описание технологического процесса выполнено с использованием методологии *IDEF0*.

К замечаниям по этому разделу работы относятся:

1. чрезмерный уровень обобщения от уровня управления процессом материала в диаграммах *IDEF0* к уровню управления предприятием (диаграммы рисунков 1.4, 1.5) (по существу непосредственно привязанной к исследованию оказывается только диаграммы рисунков 1.7, 2.10 и 2.11);

2. отсутствие в тексте главы анализа работ организаций и индивидуальных исследований в области автоматизации производства стекла, выявляющих общие нерешенные проблемы или проблемы специфические для выбранного объекта автоматизации; а во вводной части диссертации освещена лишь тематика соответствующих исследований и предложенные в них научно-технические решения;
3. некоторая неточность терминологии, например, "плохая обусловленность объекта", вместо "плохая обусловленность систем уравнений объекта, матриц системы уравнений и т.п."
4. нельзя согласиться с утверждением автора о выявлении им "критичных" параметров процесса; они просто перечисляются в таблицах 1.2 и 1.3; анализ "на критичность" в этой части работы не выполняется.

Во второй главе определены возможности анализируемого технологического процесса для изготовления изделий с требуемыми характеристиками, и их соответствие требованиям, установленным в нормативной документации, оценены изменения характеристик технологической системы во времени. Проанализированы стабильность и точность технологических режимов стадий процессов. Сделан вывод о нестабильности температурного режима закалки и прессования. Выявлено несоответствие результатов оценки стабильности и точности технологического процесса, получаемых с использованием традиционных статистических методов и с помощью аксиоматического анализа. Тем самым показана целесообразность применения метода аксиоматического анализа для контроля и управления технологическим процессом закалки автомобильных стекол.

Оценена отлаженность технологического процесса закалки по отклонению характеристик вырабатываемых изделий от заданных требований. Выполнен анализ вида дефектов, встречающихся в выработанных закаленных стеклах. Установлено, что большая доля дефектов вызвана отклонением формы стекла от требуемой (неприлегание стекла к контрольному шаблону).

Наиболее существенным замечанием по содержанию второй главы является отсутствие выкладок и иллюстраций по понижению размерности системы (стр. 50) и выбору информативных параметров (стр. 53) с привлечением упомянутого автором инструментария кластерного и корреляционного анализа. Даются лишь ссылки под номерами [22], [69] на работы других авторов по аналогичной тематике. По той же причине остается нераскрытым порядок проверки адекватности модели на стр. (65), (ссылка на источник [89]).

Является сомнительным выбор автором некоторых показателей надежности технологического процесса, например, выработки закаленного стекла по месяцам, которая может определяться нестабильностью спроса на продукцию при вполне надежной работе оборудования.

Выявление трендов и гармонических составляющих дефектности продукции достаточно наглядно, однако носит только иллюстративный характер и не рассматривается с точки зрения формального анализа.

Третья глава содержит детальное описание результатов исследования и разработки математических моделей на нейронных сетях, описывающих зависимость характеристик закаленного стекла от режима закалки. Процесс закалки стекла характеризуется большим числом режимных переменных и показателей качества изделий. С использованием методов кластерного и корреляционного анализов понижена размерность системы, описывающей процесс закалки стекла. Отобраны наиболее информативные показатели технологического режима закалки и показатели качества закаленного стекла.

Для построения моделей использовались статистические данные технологических переменных и показателей качества стекла, собранные в режиме промышленной эксплуатации закалочной установки.

В работе обоснован выбор архитектуры нейронной сети и алгоритмов обучения с помощью автоматического конструктора сети *IntelligentProblemSolver* пакета *ST NeuralNetworks*. Изучено влияние технологических режимов стадий процесса закалки на характеристики вырабатываемого закаленного стекла. Проведен сравнительный анализ точности разработанных нейросетевых моделей с регрессионными моделями. Выявлена предпочтительность использования нейросетевых моделей по отношению с регрессионными в силу более высокой точности первых.

Установлено, тем не менее, что нейросетевые модели, обученные на фиксированной выборке, не обеспечивают заданную точность описания технологического процесса в широком диапазоне изменения режимных переменных. Для повышения точности предложено проводить корректировку их параметров в процессе эксплуатации.

Замечания по третьей главе:

1. Как и во второй главе отсутствует описание или иллюстрации порядка использования корреляционного и кластерного анализа при решении задачи снижения размерности модели. Имеется только ссылка на работу [88], выполненную другим автором.
2. Ограничения в системе (3.2) на режимные переменные x_i (стр.71), заданы численно, напр., $555 \leq x_2 \leq 580$. Они характерны лишь для конкретного вида изделия. Следовало бы указать, снижается тем самым или нет степень общности полученных в работе результатов.
3. Утверждение автора на стр. 82 о том, что среднеквадратичная ошибка модели не превышает среднеквадратичной ошибки погрешности измерения неправомерно, так как неточности измерения дополнительно

увеличивают общую дисперсию вычисления выходных переменных модели.

4. Формализация задачи управления, разработка алгоритмов управления и результаты имитационного моделирования приведены в *четвертой главе* диссертации. Задача повышения качества вырабатываемого закаленного стекла решается путем оптимального управления технологическим режимом закалки. Критерием управления предложено считать сумму отклонений (а не "отклонение характеристик", как указано в автореферате на стр.11) формы стекла от шаблона и образующей цилиндра. Выбраны ограничения на выходные переменные процесса, которым должны удовлетворять показатели испытаний стекла на механическую прочность.

Оптимальный режим закалки определяется на нейронных сетях с использованием метода покоординатного спуска (Гаусса-Зайделя), отличающегося простотой алгоритма поиска, хотя в условиях нелинейности модели объекта с использованием такого метода могут быть связаны попадание в точки локальных минимумов, "торможение" овражного поиска и др.

Схема алгоритма управления отражает человеко-машинное взаимодействие между технологом цеха закалки и системой поддержки принятия решений (СППР). СППР дает «совет» по коррекции технологического режима процесса закалки автомобильного стекла. Технолог принимает, учитывает или отвергает совет, выданный СППР, пользуясь в последнем случае своим опытом управления.

Вычислительным экспериментом подтверждена эффективность предложенного алгоритма управления процессом закалки. Показана возможность повышения качества вырабатываемого стекла на действующем технологическом оборудовании. Повышение качества закаленного стекла достигается за счет коррекции и стабилизации технологического режима закалки.

Замечания по главе 4:

1. Схема алгоритма управления на рисунке 4.2 не содержит структурной информации о специфике процесса и является типовой для всех алгоритмов оптимизации с использованием сетевых моделей. Поэтому нельзя согласиться с утверждением об оригинальности алгоритма.
2. Предложение по адаптивной корректировке технологического режима не подкреплено выбором и обоснованием параметров адаптивной подстройки системы управления, например, с учетом

- характера скорости изменения случайных процессов (то есть анализа их автокорреляционных функций и спектральных характеристик)
3. Недостаточно полно описана методика проведения пассивного эксперимента. Не раскрыт, например, способ исключения или уменьшения влияния на результаты сбора данных вмешательства в процесс аппаратчиков установки (внесения ими управляющих воздействий).
 4. Не указывается, как оценивалось и далее имитировалось влияние скрытых возмущений в вычислительном эксперименте). Без учета действия таких возмущений оценка полученных эффектов оптимизации управления может оказаться завышенной.
 5. На стр. 89 неравенство в (4.4) с индексом $i=7$ и неравенство (4.5) несовместны: $y_7 \leq y_{7\text{зад}}$ и $y_7 \geq y_{7\text{зад}}$. С формальной точки зрения не требуется разделять неравенства (4.3) и (4.4) на группы.

Имеются и общие замечания по работе. В автореферате, в основном, перечисляются результаты выполнения тех или иных разделов и не раскрываются методы и приемы их получения, что, видимо, объясняется необходимостью сжатого изложения материала. В диссертации следовало бы заменить несколько раз встречающийся термин "доказано" на "проиллюстрировано" или "показано", так как ни одного доказательства в работе не приводится. На стр.1 автореферата перечислены устаревшие технические условия по требованиям к системе менеджмента качества, хотя в диссертации указаны их новые редакции.

Заключение по диссертационной работе:

В диссертации на основе анализа системы управления производством закаленных автомобильных стекол показана актуальность проведения теоретических исследований и разработок, направленных на совершенствование этой системы. Целью диссертационной работы является повышение качества вырабатываемого закаленного стекла для автомобильного транспорта.

При достижении поставленной цели соискателем решены новые для выбранного объекта автоматизации задачи:

- анализа технологического процесса производства гнутого закаленного стекла для автомобильного транспорта, как объекта управления, оценки точности, стабильности процессов и качества вырабатываемой продукции;
- создания формализованного описания технологического процесса производства закаленного стекла для автомобильного транспорта; указания критичных технологических стадий процесса, влияющих на качество вырабатываемого стекла;
- разработки и исследования нейросетевых моделей, описывающих зависимости характеристик закаленного стекла от режимных параметров;

- имитационного моделирования функционирования технологического процесса закалки с предложенным алгоритмом управления,

- оценивания возможности увеличения на действующем производстве точности изготовления гнутых закаленных стекол и стабилизации их параметров.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность подтверждается корректным использованием основных положений системного анализа, математической статистики, математического и имитационного моделирования.

Раскрыто несоответствие результатов оценки стабильности и точности технологического процесса, получаемых с использованием традиционных статистических методов и с помощью аксиоматического анализа.

Оригинальным является обоснование целесообразности и предпочтительности аксиоматического анализа для оценки точности и стабильности технологического процесса производства закаленного стекла. Применительно к проблематике диссертации результативно использованы статистические методы оценки надежности технологической системы. В работе изложены обоснования эффективности использования моделей на нейронных сетях для управления технологическим процессом закалки автомобильных стекол.

Проверен имитационным моделированием алгоритм управления технологическими режимами стадий процесса закалки стекла.

Автором диссертации получены значимые для развития соответствующей отрасли науки (автоматизации и управления технологическими процессами и производствами) результаты. Их значимость заключается в следующем:

показана предпочтительность использования моделей на нейронных сетях для управления технологическим процессом закалки автомобильных стекол по отношению к статистическим моделям в силу обнаруженного автором несоответствия результатов оценки стабильности и точности технологического процесса, получаемых с использованием традиционных статистических методов и с помощью аксиоматического анализа,

изучены зависимости показателей качества стекла от режимных переменных технологических стадий процесса закалки,

предложены алгоритмы контроля и управления технологическими режимами процесса закалки стекла, целесообразность применения которых подтверждена заключениями о полезности.

Определены перспективы практического использования методики аксиоматического анализа стабильности технологического процесса, моделей на нейронных сетях и алгоритма управления в системах менеджмента качества предприятий, производящих закаленное автомобильное стекло.

Создана система практических рекомендаций по контролю стабильности и точности технологического процесса закалки стекла и выработке управляющих решений по коррекции технологических режимов закалки.

Представлены предложения по использованию технологами производства разработанного алгоритма управления для выработки решений по коррекции режима закалки в производстве гнутых автомобильных стекол.

Полученные в диссертации результаты и выводы рекомендуется использовать в производстве закаленных автомобильных стекол при разработке автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Содержание диссертации отражено в 15-и публикациях, в их числе три статьи в рецензируемых научных изданиях, апробировано на международных научно-технических конференциях.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

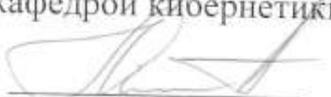
Диссертация является научной квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для совершенствования систем управления технологическим процессом производства закаленных автомобильных стекол.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 Положения ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Мазанова Валентина Ивановна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности).

Диссертация обсуждена на заседании кафедры кибернетики ЯГТУ, протокол № 8 от «_17_» апреля 2014г

Зав. кафедрой кибернетики

к.т.н.

 А.Г.Маланов