

Автоматизированное управление промышленным производством хлебно-булочного ассортимента

Вячеслав Иващук, Лариса Журавлева

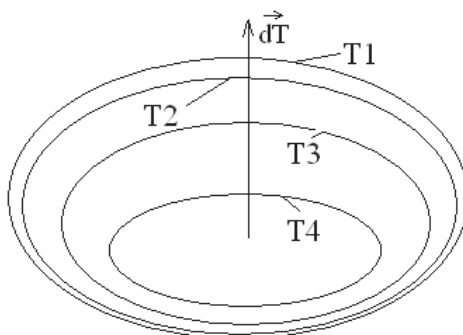
Automated control of industrial production a lot of range bread. This paper describes a research of aspects of baking technology as automation object. Indicated on the current problems of the existing control systems by tunneled oven. Research is needed to create an automation system to work with a lot of range of bread products. Identified current problems of the parameters of the control system is chosen class of control algorithms. The descriptions of the process being modeled. Further development is planned to build a model predicted forecast temperature changes when loading the baking oven and determining the correction factors for the type of bread workpiece in the oven

Keywords: baking technology, control system, model predicted forecast, tunneled oven.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство отечественных заводов оснащено печами высокой производительности, что дает возможность осуществлять гибкую политику реализации заказов. Актуальность хлебной продукции всегда поддерживал ассортимент, который предлагает хлебопекарное предприятие. В то же время важные параметры технологического процесса выпечки, такие как температура и влажность, часто координируются опытом оператора технологической линии. Правильное определение упека хлеба в процессе его выпечки имеет большое значение. От правильной степени готовности хлеба зависят его качественные показатели: толщина и окраска корки, физические свойства мякиша, такие как эластичность и сухость на ощупь. Излишняя длительность выпечки увеличивает упек, снижает производительность, вызывает перерасход топлива. Расход пара в камере выпечки необходим для стабилизации температурного градиента хлебной заготовки повышением влажности, а соответственно количеством теплового агента, предупреждая ее поверхность от перегрева и нарушения гидродинамических свойств поллой структуры мякиша.

Объективным показателем готовности хлеба и булочных изделий является температура в центре мякиша, которая в конце выпечки должна составлять 96—97°C[1]. Прогрев заготовки должен осуществляться с некоторым постоянным градиентом(Фиг.1).Причем, любые попытки изменения технологических параметров выпечки при ассортиментном производстве заканчивались увеличением упека или снижением качественных показателей (внешний вид, объем, состояние корки, степень созревания мякиша).



Фиг. 1. Градиент изменения температуры в хлебной заготовке.

Процесс прогрева крупной тестовой заготовки по постоянной времени изменения температуры значительно отличается от прогрева с изделиями малой массы (печенье, вафли), поэтому для поддержания неизменности температурного градиента в процессе выпечки, температура регулируется по зонам с требованием поддержания необходимого режима каждой. Таким образом, осуществляется интегрирование температурного режима для крупных заготовок.

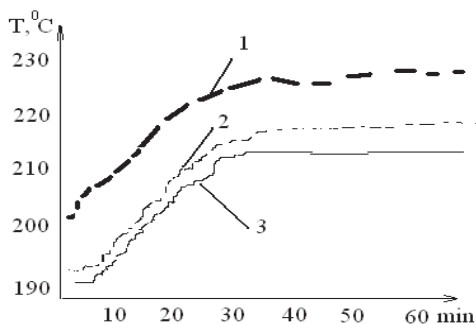
ИЗЛОЖЕНИЕ

Контур управления процессом выпечки большинства печей тоннельного типа (ХП, ХПН, ПХС) составляет контроль температуры по зонам выпечки с управлением температурой на горелках. Вследствие значительной инертности технологической информации такого канала процесс переключения параметров печи на другой режим выпечки продукта приводит к значительному перерасходу энергии. Так установлено, что технологу хлебопекарной линии для обеспечения требуемой точности поддержания температуры в зоне приходится терять значительное время (от 20 до 40 минут). Проблема наиболее распространенных промышленных печей заключается в существующем конвейере выпечки, когда печные камеры связаны по количеству продукта и порядку реализации технологических условий. Таким образом, заключенным в технологическом режиме оказывается не только тепловый режим, но и ритмичность движения конвейера.

Заслонки распределения теплого воздуха в каналах управления устанавливаются вручную, а их корректировка до сих пор происходит в экспериментальном режиме.

Теплота в печи расходуется в первую очередь на испарение влаги из тестовой заготовки. Тесту передается доля теплоты излучением от раскаленных стенок [2] печарной камеры, что должно учитываться статистической составляющей модели печи, как средний распределенный по зоне тепловой поток. При повышении температуры в печарной камере ускоряется прогревание заготовок и сокращается продолжительность выпечки. Образование твердой хлебной корки происходит в результате обезвоживания наружных слоев тестовой заготовки. Скорость прогрева заготовки должна рассчитываться с учетом образования корки, которая формируется первые 6-8 минут выпекания [3]. Последнее предполагает образование корки с необходимыми гидродинамическими свойствами для продолжения процесса выпекания и соответствующей подпитки верхних слоев тестовой заготовки.

На рисунке (Фиг.2) представлены переходные процессы изменения



Фиг. 2. Переходные процессы изменения температуры в зоне печи.

Хлебные изделия:

1- "Паланиця", 2- "Плетенка", 3- "Батон дорожный"

Все кривые демонстрируют значительное недорегулирование процесса, связанное с установкой контроллера печи на задачи стабилизации отклонений от заданного значения. Установленные заслонки в этом случае играют роль корректирующего элемента в виде пропорционального звена в результате чего, переключение температуры на новое задание часто осуществляется оператором в ручном режиме.

Существующие решения представленные на рынке Чешской фирмой «J4» реализуют автоматизированную систему локального управления с автоматизированным регулированием заслонок и диспетчеризацией температурных режимов. Реализованная фирмой «J4» система «Стир» позволяет менять задание локальных регуляторов температуры согласно существующей технологической карте изделий.

Анализ проблемы изменения параметров печи позволил определить отсутствие надлежущего ресурса управления ΔU , которое возникает за счет нагрузки камеры нагрева сразу всеми зонами выпечки

$$\Delta U \rightarrow \downarrow \Delta T = f(F_g, F_a, \eta) \lim_{F_g \rightarrow \max} \Delta T \rightarrow 0 \quad (1)$$

А также наличие нелинейной зависимости q функции изменения температуры в зоне T расхода топочных газов при постоянном расходе горючего в топке F_g

$$F_g = const, T = q(F_a), T \xrightarrow{\text{var } q} \max \quad (2)$$

Монотонный вид переходного процесса поддержания нового задания на горелках печи дал возможность оценить недостаток ресурса регулирования, который невозможно преодолеть изменением настроек регулятора. Ускорение режимов печи увеличением продуктивности горелок устанавливает повышенные требования к элементам конструкции печи, на которые они типично не рассчитаны, а также приводит к значительному перерасходу топлива. Так, даже полное открытие шиберных заслонок печи не позволит ускорить установление необходимого температурного режима. Изменение коэффициентов регулирования позволит держать баланс между допустимой динамической погрешностью и уменьшением времени переходного процесса при изменении целевого продукта.

Так как процесс выпечки ведется по четырем зонам, где тестовая заготовка прибывает в течении 10-20 минут, появляется возможность заимствовать тепловой поток ограничением открытия остальных заслонок, оставив задачи регулирования по зонам в режиме стабилизации первоначальных уставок. Расчет для определенных рецептов тестовой заготовки и нагрузки пекарной камеры позволит минимизировать период подготовки печи при смене продукта.

Анализ процесса выпечки различного сорта размера хлебных заготовок позволил установить зависимость массы и влагосодержания хлебной заготовки к температуре, которую необходимо поддерживать для достижения необходимого температурного градиента тестовой заготовки, что гарантирует целевой упек, качество выпечки и внешний вид хлебного изделия.

Так, для обеспечения температурного режима первой зоны выпечки сдобных изделий, где завершается формирование изделия, благодаря прекращению процесса газообразования и запекания твердой формообразующей оболочки, необходимо рассмотрение теплообмена с учетом изменения влажности воздуха, которая вносит изменения в тепловой баланс печи. Здесь следует различать массу влаги, испаряющейся в наружном слое заготовки и избыточную влагу, которая торозит этот процесс обезвоживания и перегрева. Моделирование процесса предусматривает использование модели теплообмена по массе содержания воды в виде паровоздушной смеси, как теплоагента процесса выпечки. Баланс масс определяет потери перегретого пара, его пополнением долей влаги за счёт

поверхности заготовки. Конвективный нагрев заготовок можно представить в виде апериодического звена первого порядка, где постоянная времени объекта печи будет зависеть от влажности воздуха и скорости его движения после установленной задвижки регулирования. Все остальные зоны выпечки имеют отличную постоянную времени и коэффициент усиления апериодического звена в модели, поскольку это влияние как массы воздуха перемещаемого в зоне, так и его влагосодержания. Утечку влажности с объема заготовки можно рассматривать как процесс испарения, однако здесь учитывать ограничения по градиенту температуры в заготовке (Фиг.1).

Поддержание режима минимального расхода пары первой зоны, стабилизация температурного градиента определенного для целевого продукта по температурным зонам пекарной камеры обеспечить минимизацию затрат на потерю испаряемой влажности, а, как следствие, экономию топлива в печи.

Последующее управление тепловым потоком сводится к задаче координации открытия шиберных заслонок с учетом краевых условий по сохранению ресурсов для стабилизации режимов по зонам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, тема исследования актуальна для большинства производственных мощностей Украины. Замена ручного управления автоматизированной системой управления заслонками не позволит осуществить эффективное управление при смене ассортимента изделий и получить ожидаемый экономический эффект при автоматизации процесса выпечки. Локальным регулированием невозможно разрешить проблему отсутствия ресурсов управления.

Проведенные исследования обуславливают использование нелинейных систем регулирования, где изменение границ варьирования исходной координаты предусмотрены использованным алгоритмом регулирования. Недостатки ограниченного ресурса управления температурой печи решаются использованием связанного регулирования по зонам выпечки с применением управляемых шиберных заслонок. Нагрузка печи количеством тестовой массы может быть учтена через начальный вес тестовых заготовок, с коррекцией по коэффициентам разновидности теста и влагосодержания тестовой заготовки. В данном случае корректирующий коэффициент будет характеризовать процесс продуцирования воды в верхние слои изделия тестовой заготовки.

Дальнейшее развитие системы автоматизации промышленной печи проходного типа может быть направлено на обеспечение контроля состояния тестовых заготовок для оценки текущего регулирования в процессе смены ассортимента изделий путем получения замкнутого регулирования для снижения количества брака готовой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Андреев А.Н. Производство сдобных хлебобулочных изделий. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 480 с.

[2] Бегунов А.А. Метрологическое обеспечение производства пищевой продукции. Справочник. – СПб: МП «Издатель», 1992. – 287 с.

[3] Пашенко Л.П., Жаркова И.М. Технология хлебобулочных изделий. – М.: «КолосС», 2006. – 392 с.

Для контактов:

К.т.н., доцент Вячеслав Ивашук, Кафедра автоматизации процессов управления, Национальный университет пищевых технологий, тел/факс: (044)289-46-00, ivaschuk@nufft.edu.ua.

Студент Лариса Журавлева, факультет Автоматизации процессов управления, Национальный университет пищевых технологий, Larysa.ru@mail.ru

Доклад был рецензирован.