

Автореферат  
Р 88

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

им. М.В.Ломоносова

На правах рукописи

РУСЛАНОВ Георгий Иванович

УДК 641.712:664.951

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕПРЕРЫВНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ  
ОБЖАРКИ РЫБЫ

Специальность 05.13.07 - автоматизация технологических процессов  
и производств (отрасли агропромышленного комплекса)

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса 1987

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М.В.Ломоносова и в Донецком институте советской торговли

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор П.Н.Платонов

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор М.И.Беляев

кандидат технических наук, доцент Н.В.Протченко

ОНАХТ 29.05.12  
Оптимальное управлен



v015991

Ведущее п/

Защита диссертации с 10<sup>30</sup> часов на заседа в Одесском технологи им. М.В.Ломоносова п И12, ОТИПП им. М.В.Л

С диссертацией в технологического инст сова.

Автореферат раз

Ученый секретари специализированн

д.т.н., доцент

v015991

Авторефер. v 015991  
Р 88 Русланов Г.И.  
Оптимальное управлен. непрерывн  
1987 8/4


ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Продовольственной Программой СССР предусмотрено довести потребление рыбы и рыбопродуктов в 1990 году до 19 кг на душу населения. Определены меры по увеличению выпуска пищевой рыбной продукции, полностью подготовленной для реализации. Значительное увеличение производства рыбы жареной среди пищевых продуктов этого вида предъявляет жесткие требования к созданию оптимальных режимов обжарки, экономической предпосылкой применения которых служит сокращение энергетических потерь. Однако недостаточное оснащение поточно-механизированных линий контрольно-измерительной и регулирующей аппаратурой, слабая изученность технологического процесса как объекта автоматизации неизбежно ведут к несоблюдению температурного режима обжарки рыбы и к увеличению расхода электроэнергии.

С учетом этих обстоятельств постановка задачи создания энергосберегающих средств автоматизации при реконструкции рыбообжарочного оборудования может рассматриваться как важнейший шаг технического перевооружения существующего рыбообрабатывающего производства.

Целью работы является создание эффективного метода управления технологическим процессом обжарки рыбы на основе использования перспективных режимов, математического моделирования и средств автоматического управления операциями тепловой обработки продуктов.

Задачи исследования:

- 1. Исследование технологического процесса обжарки рыбы в слое горячего масла и математическое моделирование процесса;
- 2. Имитация на ЭВМ и проверка на действующем агрегате оптимальных режимов обжарки рыбы с последующим определением динамических характеристик объекта автоматизации;
- 3. Синтез автоматического оптимизатора, техническое решение микропроцессорного регулятора и его промышленная реализация.

Научная новизна. В работе впервые показано математическое моделирование непрерывного технологического процесса на базе физических уравнений тепло- и массопереноса, что позволяет проводить обоснованные упрощения и придает модели "устойчивость" к различным производственным изменениям объекта управления: конструктивным переделкам оборудования, смене измерительных приборов, колебаниям вида и массы сырья, его размеров, влажности, жирности и т.п.

Разработан и исследован алгоритм минимизации энергетических потерь при сложном теплообмене и выполнении требования к качеству продукции. Выбраны критерии и решена задача оптимального управления непрерывным технологическим процессом.

Практическая ценность работы заключается в разработке математической модели и метода оптимизации технологического процесса, применение которых позволяет проектировать автоматические системы управления, гарантирующие получение продуктов заданного качества при минимуме энергозатрат.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Донецкого института советской торговли (1981 - 1985 г.г.), Всесоюзной научной конференции "Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания" (Харьков, 1981 г.), Всесоюзной научной конференции "Проблемы индустриализации общественного питания страны" (Харьков, 1984 г.).

Диссертационная работа обсуждена на объединенном заседании кафедр автоматизации производственных процессов, технологии консервирования, процессов и аппаратов пищевых производств Одесского технологического института пищевой промышленности (1986 г.) и на объединенном заседании кафедр электротехники и автоматизации производственных процессов, технологии производства продуктов общественного питания, холодильной и торговой техники Донецкого института советской торговли (1987 г.).

На защиту выносятся теоретическое и практическое обоснование оптимизации сложного процесса тепло- и массообмена в электрических печах непрерывного действия; использование математического моделирования процесса обжарки рыбы для исследования реально действующего агрегата как объекта автоматизации, синтеза и технического решения микропроцессорной системы управления.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа содержит 132 страницы машинописного текста, 25 рисунков и 7 таблиц. Библиография включает 95 наименований работ советских и зарубежных авторов.

#### СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Первая глава посвящена анализу состояния техники и техноло-

гии производства рыбной кулинарии и процесса обжарки рыбы как основного звена в технологической цепи переработки пищевого сырья. Указывается на расширение промышленного применения обжарки в масле пищевых продуктов и на основные трудности при создании достаточно совершенных технологических устройств, связанные с количественным и видовым изменением сырьевой базы, варьированием геометрической формы тела рыбы и др. Рассматриваются вопросы автоматизации обжарочных печей и характерные недостатки, обусловленные применением традиционных систем автоматического управления (САУ), которые не позволяют получить удовлетворительных показателей регулирования. Анализируются технологические режимы обжарки рыбы с целью прогнозирования готовности продукта и выбора управляющего воздействия. Приведенный анализ показывает на довольно общий характер определения области рациональных режимов, позволяющих получить продукт хорошего качества при удовлетворительных экономических показателях процесса. Довольно широкие границы температуры обжарки объясняются отсутствием единой методики выбора оптимальных режимов и недостаточной изученностью технологического процесса как объекта автоматизации.

Анализ возможных путей синтеза оптимальных систем и обзор литературы по изучаемой проблеме предполагает формулировку главной задачи исследования - получение оптимальной структуры автоматизируемой системы управления процессом обжарки рыбы в переменном температурном поле.

Вторая глава посвящена разработке математической модели технологического процесса обжарки рыбы на поточной линии типа НЮ-ИЛЖ. Математическое описание составлено на основе законов тепло- и массообмена и рассматривается как краевая задача с нестационарным полем, обусловленным, главным образом, теплопроводностью и миграцией влаги в капиллярно-пористом теле. При этом технологический процесс подразделен на три этапа: подготовка сырья к обжарке, обжарка, охлаждение жареной рыбы; результат решения задачи на предыдущем этапе используется в качестве входного для последующего.

При математическом описании процесса принято допущение, что на всех трех этапах перемещение рыбы происходит только в направлении оси  $Ox$  при ширине потока и его высоте равными соответственно  $2b$  и  $h$  (рис.1).

Изменение температуры рыбы  $t(x, y, z, \tau)$  на первом и третьем этапах процесса определено уравнением теплопроводности.

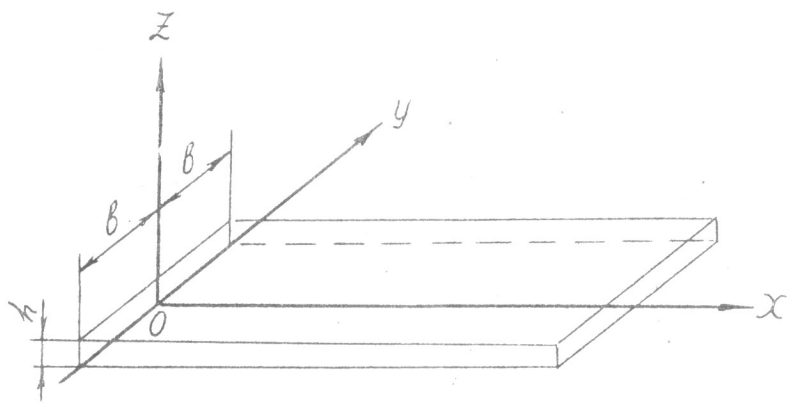


Рис.1. Схема движения потока рыбы

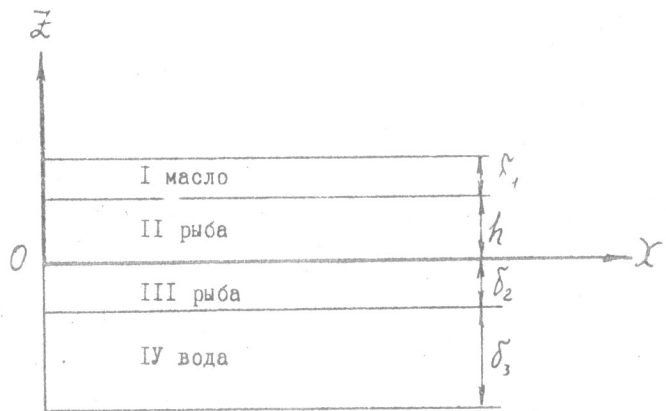


Рис.2. Продуктовые зоны обжарочной печи

Этап обжарки рыбы в общем технологическом процессе является основным и наиболее сложным. Сложность обусловлена: наличием нестационарной фазы, вызванной погружением слоя рыбы в горячее масло; распространением тепла в слое масла, инициированным охлаждением рыбой, водяной подушкой и подогревом электронагревателями; переносом влаги и частиц продуктов обжарки; впитыванием масла рыбой.

Прохождение потока рыбы через печь представлено в виде одной зоны стандартного объема, содержащего последовательно масло, рыбу, масло, воду. Для любой из указанных четырех зон (рис.2) в произвольном объеме  $V^{(i)}$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ), ограниченном поверхностью  $S_i$ , выписаны уравнения баланса масс и энергии, которые после принятых допущений преобразованы к виду

$$\frac{\partial \rho_{k0}^{(i)}}{\partial \tau} = D^{(i)} \left( \frac{\partial^2 \rho_{k0}^{(i)}}{\partial z^2} + \hat{K}^{(i)} \frac{\partial^2 t^{(i)}}{\partial z^2} e^{(\hat{\alpha}_2 - \hat{\beta}_2)x} \right) - \frac{v_2^2}{4 D^{(i)}} \rho_{k0}^{(i)} \quad (1)$$

- где  $\rho_{k0}^{(i)} = \frac{\rho_k^{(i)}}{\rho^{(i)}}$  - относительная концентрация;  
 $\rho_k^{(i)}$  - концентрация (плотность)  $k$ -го объема;  
 $\rho^{(i)}$  - средняя плотность среды;  
 $D^{(i)}$  - коэффициент диффузии  $i$ -й зоны;  
 $\hat{K}^{(i)}$  - усредненный коэффициент термодиффузии;  
 $\hat{\beta}_2$  - коэффициент, учитывающий движение потока рыбы;  
 $v_2$  - скорость движения потока рыбы;  
 $\hat{\alpha}_2$  - коэффициент теплообмена рыбы с маслом.

Заданы начальные условия:

$$\rho_{k0}^{(i)} \Big|_{\tau=0} = \rho_{k0}^{(i)}, 0(z), \quad (i = 1, 2, 3, 4). \quad (2)$$

На поверхности I зоны заданы условия равенства нулю потока концентрации

$$\frac{\partial \rho_{k0}^{(1)}}{\partial z} \Big|_{z=h+\delta_1} = 0. \quad (3)$$

На границе контакта I и II зон задано равенство концентраций (условия сопряжения):

$$\rho_{k0}^{(1)} \Big|_{z=h} = \rho_{k0}^{(2)} \Big|_{z=h}, \quad (4)$$

$$D \left. \frac{\partial \rho^{(i)}}{\partial \vec{x}} \right|_{\vec{x} = \vec{h}} = D^{(2)} \left. \frac{\partial \rho_{\kappa_0}^{(2)}}{\partial \vec{x}} \right|_{\vec{x} = \vec{h}} \quad (5)$$

Аналогичные условия заданы на границах II, III и III, IV зон.

Система приведенных уравнений не является замкнутой системой, поскольку здесь присутствует температура  $t^{(i)}$  ( $i = I, II, III, IV$ ) среды в каждой из зон, для которых записаны уравнения переноса энергии

$$c^{(i)} \rho^{(i)} \frac{\partial t^{(i)}}{\partial \tau} = \operatorname{div} (\lambda^{(i)} \nabla t^{(i)} + Q^* D^{(i)} \rho^{(i)} \nabla \rho_{\kappa_0}^{(i)}) - \\ - \frac{(i-I)(i-II)(i-IV)}{2} f - \frac{(i-I)(i-III)(i-IV)}{2} \varrho_2 \frac{\partial t^z}{\partial x} c^i \rho^i \quad (6)$$

( $i = I, II, III, IV$ ),

где  $Q^*$  - размерный параметр;

$f$  - функция объемного теплового источника.

Для системы (6) приняты начальные распределения температуры

$$t^{(i)} \Big|_{\tau=0} = t_0^{(i)}(x, y, \vec{z}), \quad (i = I, II, III, IV), \quad (7)$$

при этом

$$t_0^{II}(x, y, \vec{z}) \equiv t^{(i)}(x, y, \vec{z}, \tau^*),$$

граничный режим:

$$\lambda^{(i)} \left. \frac{\partial t^{(i)}}{\partial x} \right|_{x=l_1} = d^{II} [t^{(i)} - t_{окр}], \quad (i = I, III, IV), \quad (8)$$

$$\lambda^{(i)} \left. \frac{\partial t^{(i)}}{\partial x} \right|_{x=l_2} = -d^{II} [t^{(i)} - t_{окр}], \quad (i = I, III, IV), \quad (9)$$

$$\left. \frac{\partial t^{(i)}}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad (i = I, II, III, IV), \quad (10)$$

$$\lambda^{(i)} \left. \frac{\partial t^{(i)}}{\partial y} \right|_{y=d} = -d^{II} [t^{(i)} - t_{окр}], \quad (i = I, II, III, IV) \quad (11)$$

и условия сопряжения четвертого рода. После этого все границы контакта загружены граничными условиями, система уравнений замкнута и описывает процесс тепло- и массообмена на втором этапе технологического процесса. После упрощения краевая задача приведена к системе десяти дифференциальных уравнений первого порядка, зависящих от одной временной переменной. Эти уравнения позволяют определить температуру рыбы  $T^*$  в любой точке потока во времени.

В третьей главе приведены результаты экспериментального исследования технологического процесса обжарки рыбы в электрической печи непрерывного действия. Электрическая печь является основным звеном поточной линии и в структурном отношении представляет собой сложный нелинейный многоемкостный объект с распределенными параметрами. Нагрев масла, в котором обжаривается рыба, осуществляется электронагревателями (тэнами) до температуры 140...180 °C.

Входными параметрами, влияющими на ход технологического процесса являются возмущения по нагрузке печи  $G_c$ , т.е. по количеству продукции, обжариваемой в единицу времени, скорости конвейера (времени обжарки)  $\varrho_k$ , уровню раздела сред "Вода - масло"  $H_B$ , температуре водяной подушки  $t_B$ , размеру кусков (тушек) рыбы  $R_c$ , виду и влажности сырья  $W_c$ , количеству масла в жарочной ванне  $G_m$ , изменениям нагрузки  $\Delta G_c$ , вида и влажности сырья  $\Delta W_c$ ; выходными регулирующими параметрами, определяющими качество обжаренной продукции, являются температура масла  $t_m$  в различных зонах печи и расход электроэнергии  $Q_{эл}$  (рис.3).

За время эксперимента было проведено обследование 25 режимов, большая часть из которых преследовала цель поиска оптимальных в смысле экономного расходования электроэнергии, температурных полей греющего масла. Определен характер изменения температуры сред по длине печи (рис.4) позволяющий указать тот ее участок на котором быстрее достигается требуемое значение температуры внутри тушки рыбы.

Динамические свойства объекта неодинаковы при возмущениях разного рода. Однако наиболее важными являются динамические характеристики, снятые при основном возмущении, т.е. возмущении по каналу регулирующего воздействия (мощность тэнов - температура масла), определяющие устойчивость системы автоматического регулирования. Динамические характеристики жарочной печи получены комбинированным применением временного и статистических методов. Последний использовался в тех случаях, когда наносить ступенчатые возмущения входной величины (расход сырья) было невозможно из-за опасности выпуска некачественной продукции. Постоянные времени печи существенно зависят от массы продукта и его влажности, мощности тэнов, размеров кусков рыбы (рис.5,6). Чем больше масса продуктов, тем больше постоянные времени; чем больше мощность тэнов, тем меньше постоянные времени; чем крупнее куски рыбы, тем меньше постоянные времени. Таким образом, динамика печи не может описываться одним дифференциальным уравнением и при определении

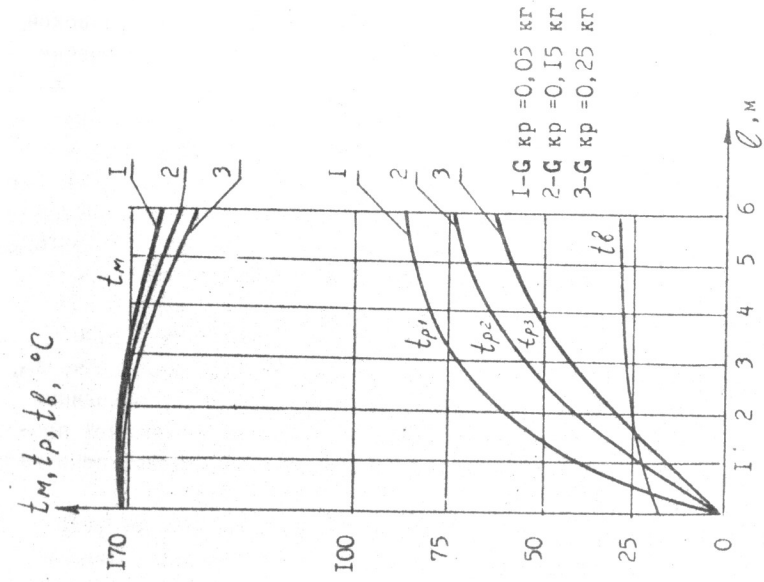


Рис. 4. Характер изменения температуры сред по длине печи при постоянной скорости конвейера

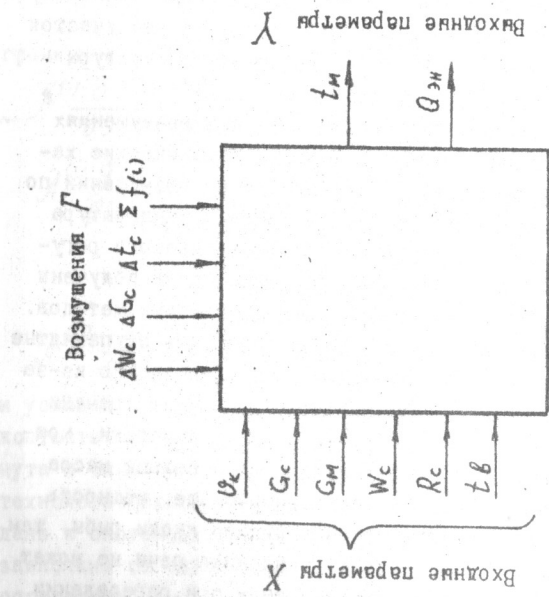


Рис. 3. Параметрическая схема процесса обжарки рыбы в печи

настроечных параметров регулятора необходимо учитывать особенности печи как объекта с изменяющейся структурой.

В четвертой главе показан синтез АСУ процессом и результаты испытаний автоматической системы. Для рассматриваемого производственного процесса основная задача управления состоит в выборе и поддержании такой формы распределенного в пространстве воздействия на движущийся поток продукта, при котором обеспечивается требуемое изменение его состояния. В качестве управляющего воздействия на процесс обжарки принята мощность тэнов.

Оптимизационная задача решена на основе преобразования уравнений исходной математической модели объекта и приведения к матричной форме записи уравнения

$$\frac{dU}{d\tau} = RU + F, \quad U \Big|_{\tau=0} = \Phi_0, \quad (12)$$

где  $\frac{dU}{d\tau}$ ,  $U$ ,  $F$  - вектор-столбцы;  
 $\Phi_0$  - вектор-строки;  
 $R$  - матрица размером 8 x 8.

В расширенном виде уравнение (12) принимает вид:

$$\begin{bmatrix} \frac{d\hat{t}^I}{d\tau} \\ \frac{d\hat{t}^{II}}{d\tau} \\ \frac{d\hat{t}^{III}}{d\tau} \\ \frac{d\hat{t}^{IV}}{d\tau} \\ \frac{d\hat{p}^I}{d\tau} \\ \frac{d\hat{p}^{II}}{d\tau} \\ \frac{d\hat{p}^{III}}{d\tau} \\ \frac{d\hat{p}^{IV}}{d\tau} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 & 0 & a_{15} & a_{16} & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 & a_{25} & a_{26} & a_{27} & 0 \\ 0 & a_{32} & a_{33} & a_{34} & 0 & a_{36} & a_{37} & a_{38} \\ 0 & 0 & a_{43} & a_{44} & 0 & 0 & a_{47} & a_{48} \\ a_{51} & a_{52} & 0 & 0 & a_{55} & a_{56} & 0 & 0 \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & 0 & a_{65} & a_{66} & a_{67} & 0 \\ 0 & a_{72} & a_{73} & a_{74} & 0 & a_{76} & a_{77} & a_{78} \\ 0 & 0 & a_{83} & a_{84} & 0 & 0 & a_{87} & a_{88} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \hat{t}^I \\ \hat{t}^{II} \\ \hat{t}^{III} \\ \hat{t}^{IV} \\ \hat{p}^I \\ \hat{p}^{II} \\ \hat{p}^{III} \\ \hat{p}^{IV} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_{11} t_{окр} + F^I \\ A_{23} t_{окр} \\ F^{III} \\ A_{42} t_{окр} \\ A_{52} t_{окр} \\ 0 \\ 0 \\ A_{82} t_{окр} \end{bmatrix} \quad (13)$$

где  $a_{ij}$  ( $i=1,2,\dots,8$ ;  $j=1,2,\dots,8$ ) коэффициенты преобразования исходных уравнений математической модели.

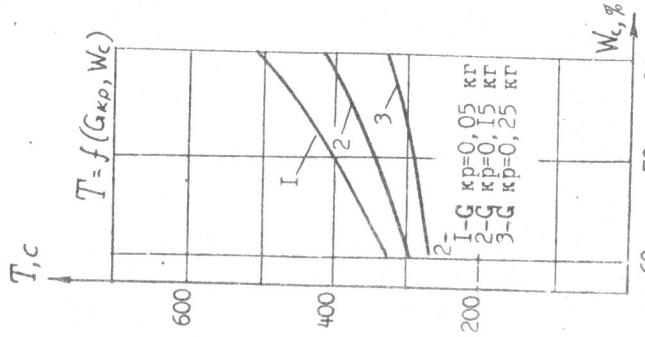


Рис.5. Влияние влажности сырья на постоянную времени объекта

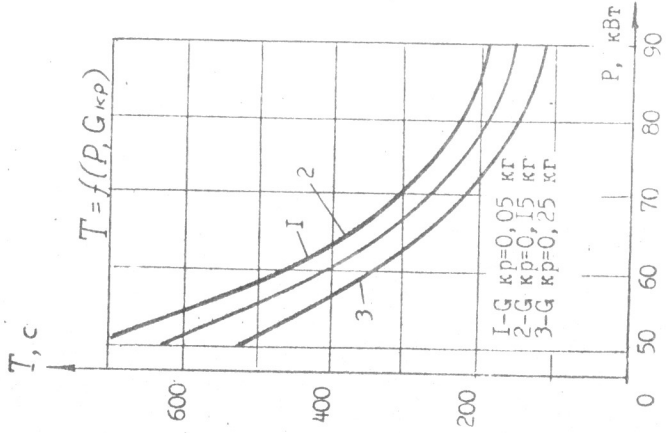


Рис.6. Влияние потребляемой мощности на постоянную времени объекта

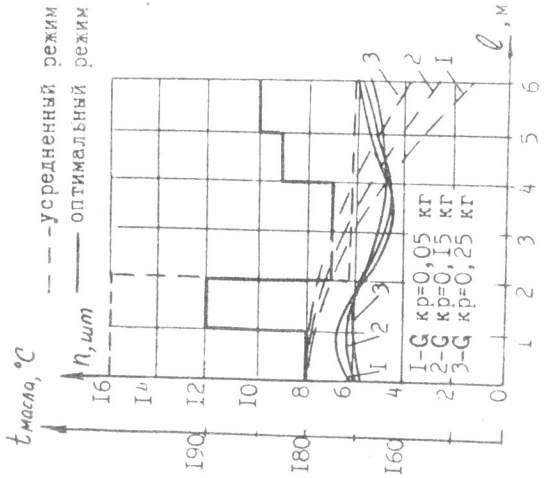


Рис.7. Графики усредненного и оптимального температурных режимов в жарочной ванне печи

Решение системы (13) определяет поведение усредненных характеристик процесса обжарки рыбы в произвольный момент времени. Из-за нелинейности системы (13) решения  $U_i$  ( $i=1, 2, \dots, 8$ ) не могут быть выписаны в явном виде, но получены алгоритмически с помощью ЭВМ. Задача оптимального управления процессом обжарки состоит в нахождении среди множества управлений функции  $F(x, \tau)$ , которая доставляет минимум функционалу

$$J_1 = \int_0^{\tau^*} F(\tau) d\tau + \mu_{ii} |t^i(\tau^*) - t^{i,*}| + \sum_{j=I, II, IV} \mu_j \frac{|t^j(\tau^*) - t^{j,*}| + (t^j(\tau^*) - t^{j,*})}{2} \quad (14)$$

Минимизация функционала потерь была численно реализована на ЭВМ ЕС-1033. Обжарочная ванна в этом случае условно разделена на шесть участков. Для каждого из участков использованы функции "влияния", полученные как решения вспомогательной задачи энергетического баланса, а за начальное приближение управлений принят усредненный режим. На рис.7 приведены графики усредненного и оптимального температурных режимов в ванне печи по зонам в зависимости от расчетного количества включенных тэнов при условии однородности потока рыбы. Эти графики позволяют определить взаимное влияние температурных зон при выборе режимов обжарки рыбы. Управляемый объект в этих режимах описывается существенно нелинейными системами дифференциальных уравнений и обычно работает при воздействии значительных возмущений. Основное возмущение (расход сырья) поддается измерению; использование информации об этом возмущении улучшает качество регулирования технологическим процессом, но не применялось ранее в объекте.

При выборе параметров управляющего устройства ставилась цель получения оптимального управления технологическим процессом, обеспечивающего реализацию переменных температурных режимов обжарки рыбы при условии минимума затрат электроэнергии. В результате исследований реального объекта и машинного эксперимента на математической модели определена возможность получения различных температур масла вдоль печи (координата  $x$ ). На этой основе проведен синтез регулятора и построена система автоматического управления печью (рис.8). Система функционирует следующим образом: информация о протекании процесса в объекте I воспринимается датчиком 2

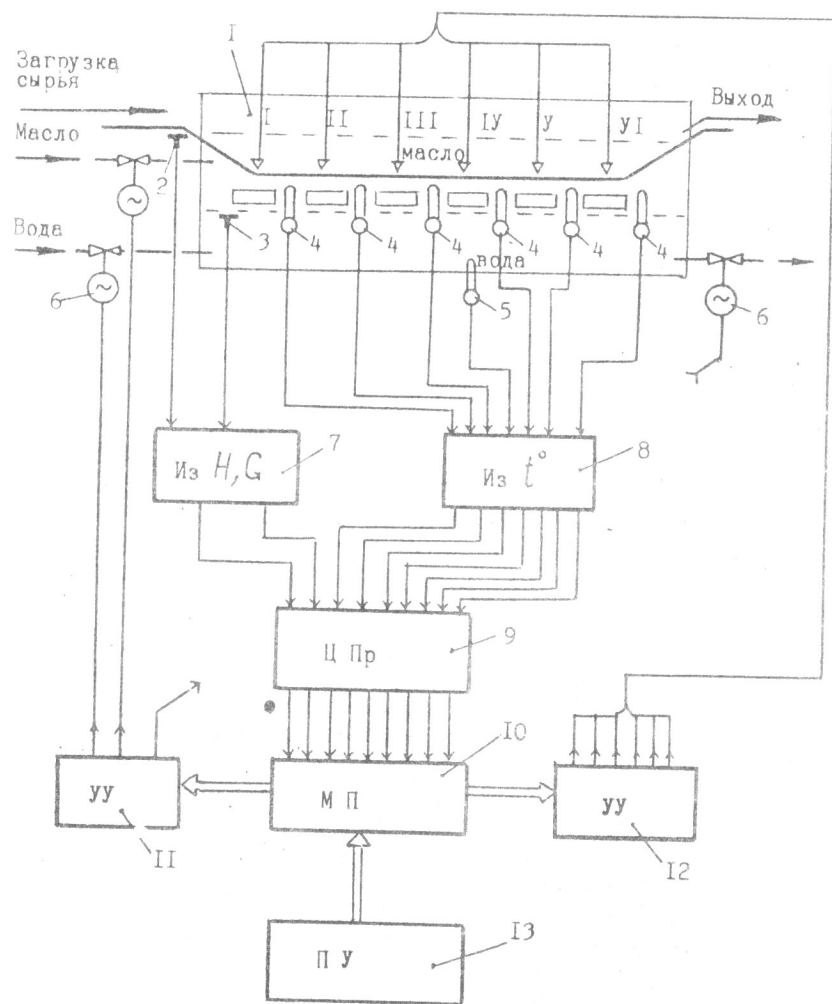


Рис. 8. Система автоматического управления печью

массы продукта, датчиком 3 уровня раздела сред "вода -масло", датчиками температуры 4, 5 и передается в блоки измерения 7, 8, выходные электрические сигналы которых, после цифрового преобразования в устройстве 9, поступают на входы микропроцессора 10. Сюда же вводятся данные от датчика 13, в памяти которого хранятся программы оптимального управления температурными режимами по зонам печи в зависимости от вида и размеров кусков рыбы. В микропроцессоре 10 сравниваются данные программы с текущими значениями массы поступающей на обжарку рыбы, температуры масла в зонах, температуры воды, уровня раздела сред и вырабатываются командные сигналы воздействия на устройство 11 управления исполнительными механизмами 6 подпитки масла и смены воды в жарочной ванне печи и на устройство 12 управления тэннами. При этом основное возмущение (изменение массы рыбы на входе в печь) воздействует на микропроцессор так, что он вырабатывает сигнал по управлению температурным полем масла вдоль печи, осуществляя регулирование мощности тэннов.

В пятой главе дана характеристика испытаний оптимизирующей системы. Использование переменных режимов обжарки и компенсации возмущений при оптимальном управлении печью позволило при аналогичном сырье сократить расход электроэнергии на 9 % по сравнению с работой печи до внедрения микропроцессорного управляющего устройства. Экономический эффект от использования разработанной системы оптимального управления, рассчитанный на основе данных, полученных во время проведения эксперимента по управлению обжарочной печью, составляет 1110 рублей в год на одном агрегате.

Практическое применение результатов экспериментальных исследований процесса

Эффективность оптимального управления непрерывным технологическим процессом обжарки рыбы подтверждена комплексными испытаниями по реализации расчетных режимов на линии НИО-ИЛЖ и в печи полупромышленного образца с оптимизирующим регулятором в условиях Донецкого рыбокомплекса. Предложения по выбору оптимальных режимов обжарки и модернизации системы управления объектом приняты производственным управлением "Донецкрыба". Народнохозяйственный эффект от внедрения в отрасли предложенной системы составит 444 тысячи рублей.

#### Основные выводы

1. Проведен анализ качественных и количественных показателей процессов обжарки пищевых продуктов и обжарочных печей как

объектов автоматического управления. Показано, что перспективным является использование переменных температурных режимов обжарки рыбы в электрических печах.

2. Разработана математическая модель в дифференциальных уравнениях процесса тепло- и массопереноса. Эта модель позволяет прогнозировать ожидаемый ход технологического процесса на всех участках термической обработки сырья и заранее оценивать последствия решений по выбору управляющих воздействий.

3. Экспериментальные исследования на реальном объекте и на математической модели технологического процесса обеспечили получение данных о наличии значительных запаздываний и тепловой инерции, взаимосвязи между температурами масла, рыбы и воды, построение динамической характеристики объекта.

4. Теоретически и экспериментально установлены условия перепада температур в жарочной ванне печи для использования известных оптимальных способов обжарки рыбы при определении решений по управлению температурными режимами. Рассчитаны оптимизирующие (по критерию минимума энергозатрат) температуры масла и рыбы и соответствующие им мощности тэнов в отдельных зонах печи НИО-ИЛЖ.

5. Выявлено, что синтезированная система управления технологическим процессом обжарки рыбы и разработанное микропроцессорное устройство обеспечивают высокое качество регулирования температуры масла и экономичную работу печи.

6. Анализ экономической эффективности разработанной САУ подтвердил целесообразность ее применения в действующих электрических печах.

Основные положения диссертационной работы изложены в следующих публикациях:

1. Платонов П.Н., Русланов Г.И. Использование математического моделирования процесса непрерывной обжарки рыбы // Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. "Проблемы индустриализации общественного питания страны", - Харьков, 1984. - С. 219.

2. Платонов П.Н., Русланов Г.И. К вопросу синтеза оптимального управления непрерывным процессом обжарки рыбы // Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. "Проблемы индустриализации общественного питания страны", - Харьков, 1984. - С. 461.

3. Русланов Г.И. Математическое описание непрерывного процесса обжарки рыбы / Донецкий ин-т сов. торговли. - Донецк, 1985. - 21 с. - Библиограф.: 6 назв. - Деп. в ВИНТИ, 1985, № 7, п. 444.

Русланов Г.И. 15991