

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ УКРАИНЫ  
"КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ"

На правах рукописи

Мохамед Абдусалам Эль-Хадж

УДК 621.311.22

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРУЙНОГО ОТСЕКА  
СМЕШИВАЮЩЕГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ СИСТЕМЫ  
РЕГЕНЕРАЦИИ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Специальность 05.14.05 - теоретическая теплотехника.

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



Киев - 1997



00752518 (S)

Диссертация является рукописью  
Работа выполнена на кафедре аэродинамики и аэрокосмических аппаратов  
тепловых и атомных электрических станций Национального  
технического университета Украины "Киевский политехнический  
институт", г.Киев.

Научный руководитель:-доктор технических наук, профессор  
Ильченко Олег Трофимович.

Официальные оппоненты:-доктор технических наук, профессор  
Дикий Николай Александрович  
-кандидат технических наук, профессор  
Шелепов Игорь Григорьевич

Ведущая организация:

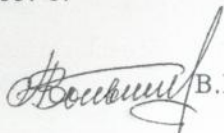
Харьковский государственный политехнический  
университет, г.Харьков.

Защита состоится 23 июня 1997г. в 14.00 часов на заседании  
специализированного Ученого совета Д 01.02.13 в Национальном  
техническом университете Украины "Киевский политехнический  
институт" по адресу 252056, г.Киев-56, пр.Победы, 37, корпус 5,  
ауд.406.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
Национального технического университета Украины "Киевский  
политехнический институт".

Автореферат разослан "\_\_\_"\_\_\_ 1997 г.

Ученый секретарь  
специализированного ученого совета

 В.И.Коньшин

## АННОТАЦИЯ

В диссертационной работе получена математическая модель, которая позволяет исследовать влияние различных факторов на работу струйного отсека смешивающего подогревателя при переменных режимах работы системы регенерации конденсатного тракта паротурбинных установок. Показано, что нагрев теплоносителя до температуры насыщения можно реализовать, используя только двухступенчатый подогрев.

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность работы. Смешивающие подогреватели и деаэраторы, как смешивающие аппараты, находят широкое применение в системах подготовки питательной воды, как на тепловых, так и атомных электростанциях. Столь широкое распространение связано с простотой конструкции, низкой стоимостью аппарата в целом по сравнению с аналогичными аппаратами поверхностного типа.

Однако не исследована до конца суть протекающих теплофизических процессов в теплообменных аппаратах смешивающего типа. Существующие до настоящего времени исследования основывались на получении интегральных моделей, в которых определялись температуры теплоносителя на нижней тарели при заданных (стационарных) условиях. Кроме того, эти модели построены для узких интервалов изменения параметров. Результаты таких исследований не позволяют рассматривать динамику процессов, происходящих в аппарате.

Целью работы является разработка математической модели струйного отсека смешивающего теплообменного аппарата и расчетно-теоретическое исследование факторов, оказывающих существенное влияние на работу смешивающих подогревателей при

различных режимах, а также разработка рекомендаций по проектированию смешивающих подогревателей.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ имеющихся материалов по работе смешивающих подогревателей в системах регенерации;
- создание математической модели струйного отсека смешивающего подогревателя, учитывающей основные факторы, влияющие на его работу;
- проведение расчетно-теоретического исследования влияния на работу струйного отсека смешивающего подогревателя основных факторов:
  - скорости истечения на распределение температуры по длине струи жидкости;
  - изменения коэффициента теплоотдачи по длине струи жидкости;
  - температуры пара в отборе (греющего пара) на распределение температур в струе жидкости;
  - температуры теплоносителя на входе на распределение температуры по длине струи жидкости;
- на основании расчетно-теоретического исследования предложена двухступенчатая структура смешивающего подогревателя (напорная, безнапорная).

**Методы исследований.** Для достижения поставленных целей проведены расчетно-теоретические исследования с использованием ЭВМ. Метод исследования на математической модели был выбран, исходя из следующих соображений:

- сложности организации физического эксперимента, в результате которого необходимо измерить температуры различных точек по длине струи жидкости;
- высокой стоимости физического эксперимента с использованием лазерной технологии, позволяющей измерить температуру в различных точках струи.

### **Научная новизна работы.**

- создана математическая модель струйного отсека смешивающего подогревателя, с помощью которой оказалось возможным исследовать его в широком диапазоне изменения параметров при любых режимах работы турбоустановки;
- показано, что только двухступенчатый смешивающий подогреватель с последовательно включенными, напорной и безнапорной ступенями, может обеспечить нагрев рабочего тела до температуры насыщения при давлении в объеме аппарата;
- установлено, что при наличии только напорного отсека обеспечить нагрев теплоносителя до температуры насыщения невозможно.

### **Практическая ценность.**

- предложены рекомендации по проектированию струйных отсеков смешивающих теплообменных аппаратов;
- определена степень влияния различных факторов на работу струйного отсека смешивающего подогревателя;
- создан вычислительный комплекс на основе разработанной математической модели, который позволяет оптимизировать конструктивные параметры смешивающего аппарата;

- установлено, что высота напорной ступени не должна быть более 0.4 метра при любых давлениях за конденсатным насосом, высота безнапорной ступени может приниматься от 0.5 до 1.0 метра.

Конкретный личный вклад диссертанта в разработку научных результатов, которые выносятся на защиту:

- разработанная математическая модель, которая дает возможность исследовать динамические характеристики струйного отсека смешивающих регенеративных подогревателей;

- предложенные рекомендации по проектированию двухступенчатых смешивающих подогревателей;

- разработанный вычислительный комплекс, позволяющий исследовать теплообмен на струях жидкости в смешивающих подогревателях.

**Публикации по материалам диссертации** - опубликовано восемь работ.

**Апробация работы.** Важнейшие материалы диссертации докладывались на научном семинаре института "Проблем машиностроения" Академии наук Украины, г. Харьков 1996г.

**Область применения.** Результаты исследования пригодны для модернизации систем регенерации всех тепловых и атомных электростанций.

**Автор защищает.**  
- математическую модель струйного отсека смешивающего подогревателя;

-результаты исследования на математической модели, влияние различных факторов на работу струйного отсека смешивающего подогревателя;

-предлагаемые рекомендации по проектированию смешивающих подогревателей.

**Структура и объем диссертационной работы.** Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (79 наименований) и трех приложений. Работа изложена на 108 страницах машинописного текста и включает 46 рисунков.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели, задачи исследования, отражены научная новизна и практическая ценность, изложены основные положения, выносимые на защиту, приведены сведения о публикации основных результатов исследований, описано краткое содержание работы.

**В первой главе** рассмотрены разделы:

-динамические режимы работы подогревателя низкого давления смешивающего типа в системах регенерации;

-анализ теплообмена при конденсации пара на струе жидкости;

-влияние уровня электрической нагрузки на изменение давления в камере отбора;

-характеристика конденсатного насоса;

-влияние перепада давления на скорости течения струи жидкости.

Существующие соотношения для расчета температуры на нижней тарели струйного отсека смешивающего подогревателя описывают механизм теплопереноса, отвечающий сравнительно

узкому интервалу изменения входных параметров. Эти соотношения не позволяют рассматривать динамику происходящих процессов.

Применение различных мероприятий, из которых можно выделить гравитационную схему включения смешивающих подогревателей состоящую из двух смешивающих подогревателей, которые находятся на различных отметках, не упростило систему регенерации, а, наоборот, создало дополнительные трудности при эксплуатации смешивающих подогревателей.

**Вторая глава** посвящена созданию математической модели струйного отсека смешивающего теплообменного аппарата.

Поскольку в струйных аппаратах направление движения теплоносителя - это свободное падение струи (вертикально падающая струя), то за основу математической модели взято одномерное уравнение переноса тепла в потоке жидкости

$$\rho C_p \left( \frac{dt}{d\tau} + W \frac{dt}{dZ} \right) = \frac{\alpha \Pi}{S} (\vartheta - t), \quad (1)$$

где  $W$  - скорость движения теплоносителя, м/с;

$\Pi$  - периметр струи, м;

$\rho$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи, кВт/м<sup>2</sup>К;

$C_p$  - теплоемкость, кДж/кг °С;

$S$  - площадь поперечного сечения струи, м<sup>2</sup>;

$\vartheta$  - температура пара в отборе, °С;

$t$  - температура теплоносителя, °С.

Заменив уравнение энергии (1) разностными соотношениями, можно получить распределение температур по высоте струи жидкости в пространственных ( $Z$ ) и временных координатах ( $\tau$ ) для нестационарного режима работы смешивающего теплообменного аппарата

$$t_{j+1,i+1} = \frac{\alpha \Pi \Delta Z}{\rho C_p W S} \vartheta_{j+1,i+1} - t_{j+1,i} \left( \frac{\alpha \Pi \Delta Z}{\rho C_p W S} + \frac{\Delta Z}{\Delta \tau W} - 1 \right) + \frac{\Delta Z}{\Delta \tau W} t_{j,i}, \quad (2)$$

где  $\Delta Z$  - пространственный шаг;

$\Delta \tau$  - временной шаг;

$i$  - пространственный узел,  $i=1,2,3,\dots,m$ ;

$j$  - временной узел,  $j=1,2,3,\dots,n$ .

Следует отметить, что в данном случае отсутствует смыкание струи в паровом пространстве аппарата, а также струя сохраняет свой первоначальный диаметр.

Коэффициент теплоотдачи можно определить с помощью уравнения, полученного Исаченко В.П. для случая конденсации пара на струе жидкости

$$\alpha_{j+1,i+1} = \frac{1}{4} \rho_{\infty} C_{p\infty} W \frac{d}{\Delta Z} \ln \frac{\vartheta_{j+1,i+1} - t_{j+1,i}}{\vartheta_{j+1,i+1} - t_{j+1,i+1}} \left( 1 - \frac{1}{M} \frac{\vartheta_{j+1,i+1} - t_{j+1,i+1}}{\vartheta_{j+1,i+1} - t_{j+1,i}} \right)^{-1}, \quad (3)$$

где  $M = r / (C_{pж}(t_H - t_{ВХ}))$ ;

$t_H$  - температура насыщения, °С;

$t_{ВХ}$  - температура входа в данный участок, °С;

$r$  - теплота парообразования, кДж/кг.

Решение уравнений (2, 3) ведется совместно. По начальному распределению температур в струе жидкости определяют коэффициент теплоотдачи в итерационном процессе в пределах заданной точности.

В смешивающих подогревателях характер течения струи жидкости может существенным образом изменяться в зависимости от области работы смешивающего аппарата. Так как скорость истечения струи определяется перепадом давления между паровым отсеком и давлением в точке сброса теплоносителя в смешивающий подогреватель, то по характеру течения нагреваемого

теплоносителя, движение можно разделить на две группы: безнапорное - когда скорость истечения определяется столбом жидкости над тарелью; напорное - когда струя истекает под давлением конденсатных насосов.

Скорость истечения струи для безнапорной схемы можно получить с помощью следующего соотношения

$$W = a_1 \mu_0 \sqrt{2g h_{г.с.}} \quad (4)$$

где  $a_1$  - коэффициент, учитывающий движение воды на тарели;

$h_{г.с.}$  - гидростатический столб жидкости на тарели, м;

$\mu_0$  - коэффициент расхода;

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Для напорной схемы скорость истечения струи определяется по формуле Бернулли для идеальной жидкости

$$W = \sqrt{2(P_1 - P_2)/\rho} \quad (5)$$

где  $P_2$  - давление внутри подогревателя, кПа;

$P_1$  - давление теплоносителя в точке сброса, кПа;

$\rho$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.

Данное допущение принято потому, что диаметр отверстия из которого истекает струя значительно меньше диаметра трубопровода. При небольшой толщине днища тарели коэффициент расхода принимаем равным единице, что позволяет использовать соотношение (5) в первом приближении для расчета скорости истечения в напорном отсеке. В дальнейших расчетах соотношение (5) может быть скорректировано с учетом коэффициента расхода.

Для оценки количества теплоносителя на нижней тарели смешивающего аппарата необходимо определить количество сконденсировавшегося пара на струях жидкости.

$$G_{к.п. j+1} = \frac{NF}{\Gamma} \sum_{i=1}^m \alpha_{j+1} (t_H - t_{ср}) \quad (6)$$

где  $t_{\text{ср}}$  - средняя температура струи, равная  $(t_{\text{вых}} + t_{\text{вх}})/2$ , °С;

$t_{\text{вх}}$  - температура на входе в данный участок, °С;

$t_{\text{вых}}$  - температура на выходе из данного участка, °С;

$N$  - количество струй, шт;

$F$  - поверхность струй, м<sup>2</sup>.

Необходимо выделить начальные и граничные условия для данной модели. Граничные условия - это параметры струи на входе в смешивающий подогреватель; начальные условия - это первоначальное распределение температуры по длине струи жидкости, которое можно принять нулевым или получить с помощью интегральных соотношений.

Алгоритм математической модели. Принимая давление внутри смешивающего подогревателя равным давлению в камере отбора турбины, определяется температура насыщения в аппарате. Задав первоначальное распределение температур по длине струи жидкости, определяем распределение коэффициента теплоотдачи по длине струи, используя уравнения (3). С помощью соотношения (2) определяется распределение температур в струе жидкости. Уравнение (4), (5) дают возможность определить скорость истечения жидкости в зависимости от характера истечения. Суммарное количество сконденсировавшегося пара на струе жидкости можно определить используя соотношение (6).

Для получения пространственно-временного распределения температуры; коэффициента теплоотдачи; количества сконденсировавшегося пара необходимо решать уравнения (2, 3, 6) в пространственных и временных координатах  $(j, i)$ .

Сравнение между распределением температур по длине струи жидкости, полученном по предлагаемой модели, и соотношениями, предложенными ЦКТИ (соотношение А.А.Захарова - Р.Г.Черной,

В.Ф.Ермолова), показано на рис.1. Следует отметить, что указанные соотношения отражают нагрев всего конденсата.

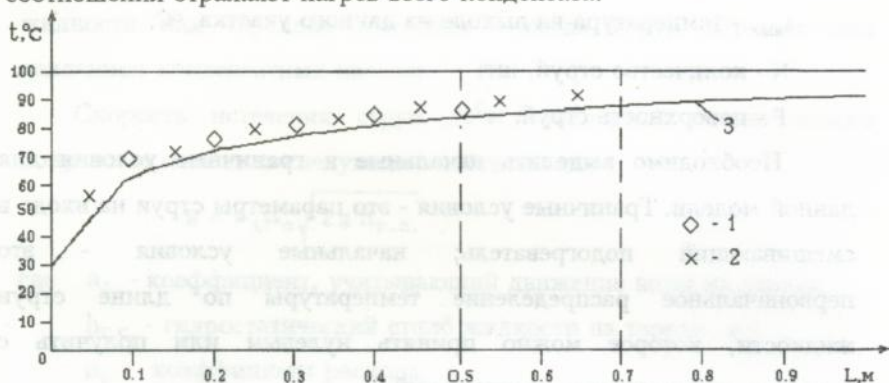


Рис.1.

Распределение температур в струе жидкости при  $W=0.8\text{м/с}$ ,  $P_2=0.1\text{МПа}$ .

1 - расчетное с помощью соотношения Захарова-Черной (длина струи 0.5м);

2 - с помощью соотношения Ермолова (длина струи 0.7м);

3 - расчетное с помощью предлагаемой модели.

Как видно, предлагаемая модель для единичной струи жидкости совпадает с другими моделями. Это доказывает правомерность построенной математической модели для единичной струи. Указанные распределения являются установившимися.

Распределение температуры по длине струи жидкости (высота ступени) для напорной и безнапорной схем включения смешивающего теплообменного аппарата в системе регенерации показаны на рис.2.

Как показали результаты исследования, безнапорное течение дает более эффективный подогрев питательной воды по сравнению с напорным течением, недогрев при безнапорной схеме составляет 8%, а при напорной схеме недогрев составляет 17%. С увеличением напора и уменьшением длины струи уровень недогрева еще больше увеличивается как в напорной, так и в безнапорной схеме. Влияние скорости свободного падения, как показали исследования, незначительно.

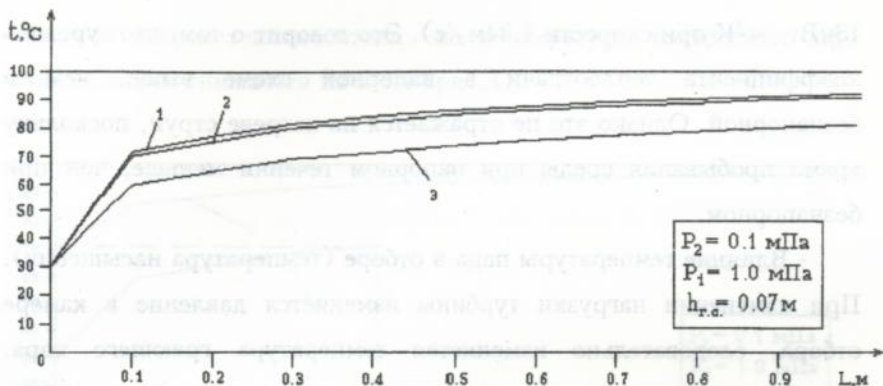


Рис.2.

Распределение температур по длине струи жидкости для различных схем включения смешивающего подогревателя.

- 1 - безнапорная, без учета ускорения свободного падения;
- 2 - безнапорная, с учетом ускорения свободного падения;
- 3 - напорная ( $P_1 - P_2 = 0.9$  мПа).

**В третьей главе** исследуется на математической модели влияние различных факторов на работу струйного отсека смешивающего подогревателя.

- Влияние скорости истечения струи. Увеличение скорости истечения струи ведет к снижению нагрева теплоносителя, например, при скорости струи, равной 0.8 м/с недогрев составляет 8°C, а при скорости струи 1.34 м/с недогрев составляет 17°C, эффективный нагрев теплоносителя происходит на начальных участках (около 0,4 метра) независимо от безнапорной или напорной схемы включения.

- Изменение коэффициента теплоотдачи. Исследование показало, что значение коэффициента теплоотдачи слабо изменяется в безнапорной схеме и составляет на первом участке струи около 9 кВт/м<sup>2</sup>К при скорости истечения струи 0.8 м/с. Однако в напорной схеме коэффициент теплоотдачи заметно падает по длине струи, имея максимальное значение на первом участке (около

13кВт/м<sup>2</sup>К при скорости 1.34м/с). Это говорит о том, что уровень коэффициента теплоотдачи в напорной схеме выше, чем в безнапорной. Однако это не отражается на нагреве струи, поскольку время пребывания среды при напорном течении меньше, чем при безнапорном.

- Влияние температуры пара в отборе (температура насыщения). При изменении нагрузки турбины изменяется давление в камере отбора, следовательно изменяется температура греющего пара, которая приводит к изменению распределения температур по длине струи жидкости .

- Изменение количества сконденсировавшегося пара по длине струи жидкости. Наибольшее количество пара конденсируется на начальных участках струи.

- Влияние входной температуры теплоносителя. Проведенные исследования показали, что влияние входной температуры струи при безнапорной схеме существенно только на начальных участках (до 0.3-0.4 м), а в напорной схеме данное влияние остается существенным по всей длине струи.

**В четвертой главе** предложены рекомендации по проектированию смешивающих подогревателей на основании результатов проведенных исследований на математической модели.

Как показали результаты проведенных исследований, безнапорное течение дает более эффективный нагрев струи, однако реализовать чисто безнапорное течение в системах регенерации практически невозможно. Поэтому оказалось рационально применение комбинированной схемы в виде двухступенчатого смешивающего подогревателя, в котором первая ступень - напорная в основном для стравливания давления конденсатного насоса и некоторого подогрева, а вторая - безнапорная, в которой происходит

основной нагрев теплоносителя до температуры насыщения, при этом недогрев снижается на 2-3% (рис.3).

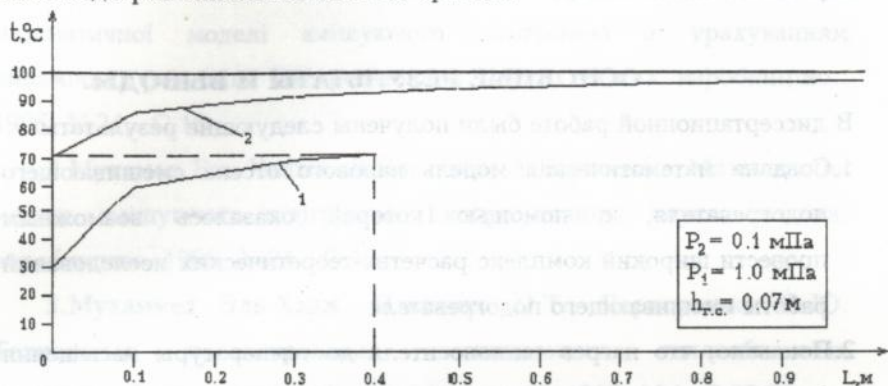


Рис.3

Двухступенчатый подогрев теплоносителя.

- 1 - распределение температур первой ступени ( $W-1.34$  м/с);  
 2 - распределение температур второй ступени ( $W-0.8$  м/с).

Как видно из результатов исследования, основной нагрев теплоносителя при напорной схеме происходит на участке длиной 0,4 метра. Это определяет высоту первой струйной ступени. Вода во второй безнапорной ступени нагревается до температуры, близкой к температуре греющего пара, при этом высоту второго отсека можно выбрать из следующих соображений:

- обеспечения нагрева теплоносителя до температуры насыщения;
- обеспечения деаэрации теплоносителя (при необходимости высота может быть увеличена).

Таким образом, двухступенчатый подогреватель заменяет два смешивающих аппарата, включенные по гравитационной схеме и обеспечивает нагрев теплоносителя до температуры насыщения при давлении в объеме аппарата.

В целях обеспечения надежной работы смешивающего подогревателя необходимо отделить паровой объем аппарата от конденсатосборника для исключения попадания воды в проточную

часть турбины, а также необходимо выполнить линию аварийного перелива в конденсатор.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ.

В диссертационной работе были получены следующие результаты:

1. Создана математическая модель парового отсека смешивающего подогревателя, с помощью которой оказалось возможным провести широкий комплекс расчетно-теоретических исследований работы смешивающего подогревателя.
2. Показано, что нагрев теплоносителя до температуры насыщения возможен только при использовании двухступенчатого аппарата. Установлено, что в первой ступени (напорной) длина струи должна быть не более 0.4 метра, а во второй (безнапорной) ступени длина струи не должна превышать 0.7 метра.
3. Показано, что с ростом скорости истечения недогрев струи жидкости увеличивается и достижение температуры насыщения (при давлении в объеме аппарата) оказывается невозможным.
4. Установлено, что высокое значение коэффициента теплоотдачи в напорной схеме не обуславливает существенного подогрева теплоносителя из-за сокращения времени взаимодействия фаз в объеме аппарата.
5. Показано, что применение двух смешивающих подогревателей в системе регенерации, а следовательно и гравитационная схема не рационально.
6. Предложен ряд практических рекомендаций по усовершенствованию конструкции смешивающих подогревателей, схем их включения и условий работы на различных режимах работы турбоустановок.

### Основные положения диссертации изложены в работах:

1. Мухамед Эль-Хаджа, Л. Чистяков, А. Борисенко. Розробка математичної моделі змішуючого підігрівача з урахуванням динамічних режимів. Експрес-новини: наука, техніка, виробництво., 1996, №24, С.16

2. Мухамед Эль-Хаджа, Л. Чистяков, А. Борисенко. Математична модель змішуючого підігрівача. Експрес-новини: наука, техніка, виробництво. 1996, №24, С.17

3. Мухаммед Эль-Хадж, Ильченко О.Т., Черноусенко О.Ю. Технология проектирования смешивающих теплообменных аппаратов. Информатизация та нові технології. 1997, №1, С.37-39.

4. Исследование изменения коэффициента теплоотдачи в струйном отсеке смешивающего теплообменного аппарата / Мухаммед Эль-Хадж, Ильченко О.Т., Чистяков Л.И., Дроговоз В.П.; Нац.техн. ун-т Украины "Киев. политехн. ин-т"- Киев, 1996. - 8с.: ил.- Библиогр.: 3 назв.- Рус.- Деп. в ГНТБ Украины 26.06.96, №1502-Ук96.

5. Исследования влияния скорости истечения на распределение температур струи жидкости / Ильченко О.Т., Мухаммед Эль-Хадж, Дроговоз В.П., Чистяков Л.И.; Нац.техн.ун-т Украины "Киев. политехн. ин-т"- Киев, 1996. -8с.: ил.- Библиогр.: 4 назв.- Рус.- Деп. в ГНТБ Украины 21.05.96, №1235-Ук96.

6. Исследование влияния температуры окружающей среды на распределение температур в струе жидкости смешивающего теплообменного аппарата / Мухаммед Эль-Хадж, Ильченко О.Т., Чистяков Л.И., Дроговоз В.П.; Нац.техн.ун-т Украины "Киев. политехн. ин-т"- Киев, 1996. -7с.: ил.- Библиогр.: 4 назв.- Рус.- Деп. в ГНТБ Украины 26.06.96, №1501-Ук96.

7. Разработка математической модели динамических процессов в смешивающих подогревателях / Мухамед Эль-Хадж, Ильченко

О.Т., Чистяков Л.И., Дроговоз В.П.; Нац.техн.ун-т України "Киев. политехн. ин-т"- Киев, 1996. -10с.: ил.- Библиогр.: 4 назв.- Рус.Деп. в ГНТБ України 21.05.96, №1236-Ук96.

8.Изменение количества сконденсировавшегося пара по длине струи жидкости смешивающего теплообменного аппарата /Мухаммед Эль-Хадж, Ильченко О.Т., Чистяков Л.И., Дроговоз В.П.; Нац.техн. ун-т України "Киев. политехн. ин-т"- Киев, 1996.- 9с.: ил. - Библиогр.: 5 назв.- Рус.- Деп. в ГНТБ України 21.06.96, №1503-Ук96.

### АНОТАЦІЯ

Мохамаед Абдусалам Ель-Хадж.Математична модель струменевого відсіку змішуючого підігрівача системи регенерації паротурбінних установок.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Рукопис. Спеціальність 05.14.05 - теоретична теплотехніка, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Київ, 1997.

Одержана математична модель дозволяє досліджувати вплив різних факторів на роботу змішуючого підігрівача при змінних режимах систем регенерації конденсатного тракту паротурбінних установок. Достатньо нагрітий теплоносій можна одержати, використовуючи двухступеневий підігрів.

### SUMMARY

Mohamed Abdusalam Elhaj. mathematical model of flow divider in the mixt-heater of system regeneration for steam turbines.

Thesis for a scientific of the candidate of technical sciences according to speciality 05.14.05 "Theoretical heat technology",

National technical university of Ukraine "Kiev politechnical institute",  
Kiev, 1997.

In this work has been worked out the mathematical model of flow divider in the mixt-heater with considerations of dynamic modes. This helped to investigate the influence of diffirent factors on the working state of mixt-heater in diffirent working modes of system regeneration for steam turbines, and that in mix-heater the using of double heating method can give enough heated fluid.

**Ключевые слова:**

Смешивающий подогреватель, математическая модель, струя, безнапорная схема, напорная схема, отсек, двухступечатый.

Подписано к печати 15.05.97г.  
Тираж 120. Заказ №28

---

ООО "Дельфин"  
252050, г.Киев-50, пер.Филипповский,4

436 358

AB 37.826

**AB 37.826**