

НАУКОВО-ВИРОБНИЧА КОРПОРАЦІЯ  
"КИЇВСЬКИЙ ІНСТИТУТ АВТОМАТИКИ"

На правах рукопису

Ц Ю Ц Ю Р А

Світлана Володимирівна

УДК 621.18001.5

ДОСЛІДЖЕННЯ СОЛЕВІСТУ ВОДИ І ПАРИ ТА  
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ  
ПАРИ ПАРОВЕНЕРАТОРІВ ЦУКРОВИХ ЗАВОДІВ

05.13.08. - Обчислювальні машини,  
системи та мережі, елементи  
і пристрої обчислювальної  
техніки та систем керування

Автореферат дисертації на здобуття  
наукового ступеня кандидата технічних наук

Київ - 1995



АВ 32.348

Робота виконана в науково-виробничій корпорації "Київський інститут автоматички" .

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор  
ЛИТВИНОВ Анатолій Максимович .

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор СКРИПНИК Юрій Олександрович,  
кандидат технічних наук, с.н.с. ДЕМЕНЧУК Ігор Васильович.

Провідна організація: Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості / УкрНДІЦП / .

Захист дисертації відбудеться " 14 " червня 1995 р.  
о 13<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради  
К 101. 90. 01 науково-виробничої корпорації "Київський інститут  
автоматички " за адресою 254107, м.Київ - 107, вул. Чагірна, 22.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці НВК  
"Київський інститут автоматички".

Автореферат розісланий " 12 " травня 1995 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
кандидат технічних наук

*Л. П. Тронь*

Тронь Л.П.

Актуальність проблеми. В цукровій промисловості України в експлуатації знаходяться котли низького та середнього тиску, живлення яких проводиться конденсатами ретурних та вторинних оскових парів з невеликими добавками хімічиденої води. З конденсатами вторинних парів епарної установки при краплинному вносі до живильної води парогенераторів попадають органічні та летучі ополуки: цукор, сапоніни, аміак, вуглекислий газ і інші.

Попадаючи в парогенератор, цукор при високій температурі розкладається на органічні кислоти: винну, яблунезу, щавелеву, молочну, що призводить до різкого зниження рН котлової води. Величина зниження рН- котлової води залежить від концентрації цукру та температури. При концентрації цукру в 1 г/кг і температурі 250-280°C рН розчину падає до 5,2-8,5, а вода при цьому змінює свій колір від жовтого до темнокоричневого. Зниження рН котлової води нижче 7,5 призводить до корозійних процесів та залізоокисному накипу в металевих трубах парогенератора та турбіни.

Парогенератори середнього тиску, як правило, працюють в блоці з турбогенераторами, на які подається перегріта пара. Ретурна пара після турбіни з тиском 0,8 МПа подается на технологічні потреби. Від якості пари залежить надійність роботи турбіни і її потужність, тому що при занесенні ополуки направляючих апаратів втрачається потужність турбіни. Щоб одержати пар необхідної якості в умовах виробництва значно збільшується величина продувки, що призводить до значних втрат тепла з продувочною водою. Попадання органічних ополук призводить до піноутворення котлової води, підвищення вологоти пари і навіть до аварійних ситуацій.

Скоротити витрати тепла та підвищити надійність роботи енергетичного устаткування можна при наявності автоматичного контролю показників якості конденсатів, води і пари та автоматизації процесу генерації пари заданої якості.

Розробці автоматичного індикатора якості пари та системи забезпечення якості пари парогенераторів цукрових заводів присвячена ця робота.

Мета та завдання роботи. В дисертаційній роботі поставлене завдання створення надійної автоматичної системи контролю та регулювання якості пари парогенераторів цукрових заводів при використанні технологічних конденсатів для їх живлення. Для досягнення цієї мети необхідно:

1. Визначити вплив солемісту та органічних ополук живильної, котлової води і конденсатів на якість пари парогенераторів середнього тиску.

2. Визначити взаємозв'язок показників якості пари із основними параметрами парогенератора.

3. Розробити математичну модель парогенератора по якості пари для проведення динамічних досліджень парогенератора під дією основних збурень.

4. Розробити автоматичну систему регулювання якості пари парогенератора середнього тиску.

5. Провести дослідження перехідних процесів АСР якості пари на математичній моделі.

6. Розробити індикатор якості пари.

7. Провести дослідження роботи індикатора в лабораторних і виробничих умовах.

8. Розробити інформаційно-вимірвальну систему якості пари парогенератора.

9. Визначити оптимальні величини продувок при різних режимах живлення парогенераторів.

Об'єкт дослідження - парогенератор середнього тиску, пара якого поступає на турбоагрегат, а м'яка пара після турбіни на технологічні потреби цукрового виробництва. Від якості генеруємої пари залежить надійність роботи турбіни та генератора електричної енергії.

Методика дослідження. При проведенні досліджень якості пари використані методи теорії тепломасообміну та переносу вологи паром, теорії автоматичного управління об'єктами із зосередженими параметрами, методи аналізу та синтезу систем автоматичного регулювання та методи цифрового регулювання.

Наукова новина роботи полягає в тому, що:

розроблено математичну модель парогенератора по якості пари;

розроблено автоматичний індикатор загального солевмісту пари;

запропоновано систему автоматичного регулювання якості пари парогенератора по загальному солевмісту насиченої пари;

встановлено залежність солевмісту насиченої пари від величини продувки для чисто конденсаційного режиму живлення, та живлення хімічною водою;

запропоновано та впроваджено термохімічний метод підготовки проби перед вимірюванням загального солевмісту по електропровідності;

запропонована методика розрахунку об'єму смоли в залежності від вмісту сміаку в пробі, швидкості фільтрації проби та терміну неперервної роботи.

Практична цінність роботи полягає в тому, що результати проведених досліджень використані при розробці індикаторів загального солевмісту пари, які впроваджено в теплоенергетичні цукрових заводів України: Червонокам'яному, Миронівському, Косівському, Верхньочинському та інших. На розроблення технічної

моделі проведено вивчення динамічних характеристик об'єкта управління по каналу якості пари під дією основних збурень.

Реалізація результатів роботи. Отримані результати використані при розробці та виготовленні малої серії індикаторів загального солевмісту і зведенні в експлуатацію на парових котлах цукрових заводів. Індикатори загального солевмісту та АСР якості пари закладаються з проекти при автоматизації парогенераторів цукрових заводів.

Апробація роботи. Основні положення роботи доповідалися на міжнародних та державних конференціях:

"Автоматизація процесів харчової та біотехнологічної промисловості" / Шоста національна науково-технічна конференція з міжнародною участю ВУХП, Болгарія, м.Пловдив, 1990 р./;

"Мікропроцесорні системи управління технологічними процесами харчової промисловості" / м.Київ, РБЕНТЗ, 1992 р./;

"Розробка та впровадження нових технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість" / м.Київ, КТІП, 1993 р./.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 7 /сім/ друкованих робіт.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, основних висновків по роботі, бібліографії та шести додатків. Робота містить в собі 20 сторінок, в тому числі 54 малюнки, бібліографію із 85 найменувань на 4 сторінках та додатки на 25 сторінках. В додатках наведені іхідні дані по об'єкту, розрахунок числових значень коефіцієнтів моделі, розрахунок економічного ефекту та екти впровадженнь на цукрових заводах України.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

В першому розділі роботи дається аналіз особливих показників якості пари парогенераторів середнього тиску з врахуванням особливостей їх експлуатації в умовах цукрового виробництва. Дивлення парогенераторів проводиться конденсатами роторної та сокової пари з частковим додаванням хімічаної води.

Основними забрудниками пари являються різні солі, органічні та летючі сполуки : цукор, сапоніни, вуглекислий газ, аміан та інші. Особливо глибоко впливає на якість пари цукор, який попадає в котел із конденсатами сокової пари.

Вологість пари, зверх її насичення, визначається кількістю краплин, які транспортуються паром із парового простору барабана котла. Крім транспортного заносу ще є закипана волога великих краплин, які потрапляють в сепаратійні пристрої і захвачуються потоком пари.

На зволоження пари впливає швидкість пари або її парове навантаження котла, солевий склад котлової води, висота парового простору, наявність в технологічних конденсатах органічних речовин та газів.

Надмірне зволоження пари, особливо, за рахунок піноутворення котлової води при попаданні органічних речовин з конденсатами може призвести до аварійних ситуацій з турбогенератором та відкладення солей в кип'ятальних трубах, пароперегрівачах та турбінах.

Аналіз та вивчення літературних джерел по управлінню паровими котлами середнього тиску та спостереження і дослідження роботи парогенераторів на цукрових заводах показали, що системи автоматичного контролю солевисту пари та системи автоматичного регулювання продукції котлоагрегатів із-за високого вмісту амі-

яку виявилися неприцездатними. Відсутність надійного і безперервного контролю і регулювання продукції призводить до заносу турбіни різними солями та органічними речовинами і зниженню терміну роботи енергетичного устаткування. Тому необхідно розробити надійну систему контролю та систему забезпечення якості пари парогенераторів.

Для подальшого вивчення цього питання використовується метод поелементного вивчення складної системи автоматизації парогенератора по каналу якості пари з використанням нових методів моделювання процесів та устаткування.

В другому розділі роботи проводиться вивчення якості пари промислових парогенераторів та зняття статичних і динамічних характеристик. Спостереження за роботою парогенераторів різних цукрових заводів показали, що їх пар різниться по якості, бо різна по якості живильна вода і залежить від співвідношення технологічних конденсатів та режимів роботи парогенераторів. Проте, чим вища по солемісту живильна вода, тим вищий солеміст пари. Крім того, встановлено, що найбільш раціональним режимом живлення парогенераторів водою є чисто-конденсатний, тому що максимально використовуються конденсати ретурної пари, а недостаючу частину живильної води поповнюють конденсатами сокової пари в межах 25-30 %.

При чисто конденсатному режимі живлення солеміст пари мінімальний, а величина продукції не перевищує 2 %. При змішаному режимі, коли кількість хімічованої води досягає до 10 %, солеміст пари різко підіймається, величина продукції збільшується і досягає 5-8 %.

Спостереження показали /рис.1/, що існує тісний взаємозв'язок між солемістом котлової води і пари з величиною продукції, проте величина продукції залежить також і від режиму живлення парових котлів.

Зняті динамічні характеристики по окремих каналах на діючому парогенераторі середнього тиску типу БКЗ показали, що парогенератор по каналу якості насиченої пари має значне замовирівнявання, проте при різних збуреннях має різну інерційність. Так, при збуренні паровою навантаження час запізнення значно менший /рис.2/, ніж при збуренні продукцією котла /рис.3/.

По інших каналах одержати динамічні характеристики не було можливості, тому необхідно вивчення продовжити на математичній моделі парогенератора по каналу якості пари.

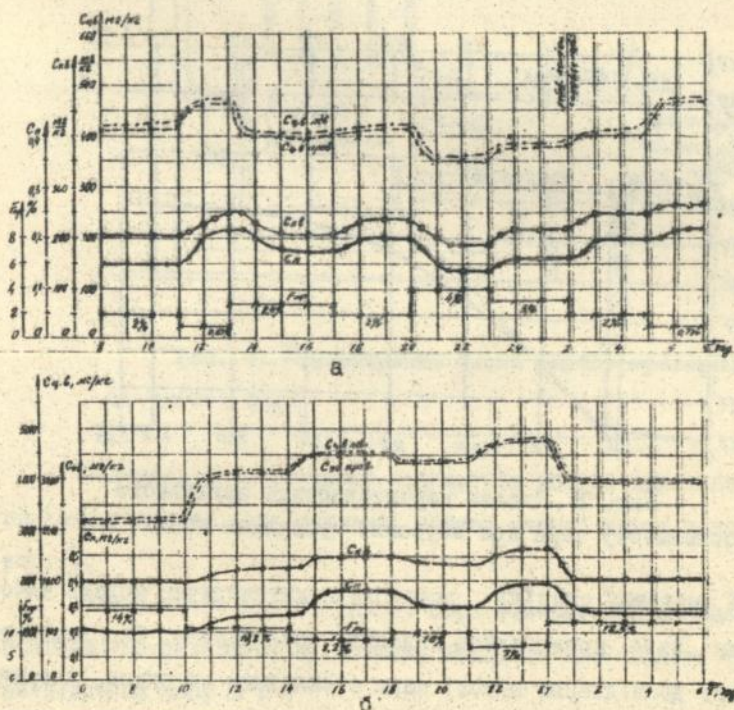


Рис.1. Зміна загального солемісту пара, котлової води в барабані та циклонах при збуренні продукцією котла.

- а - при чисто конденсатному режимі живлення;
- б - при живленні хімічною водою.

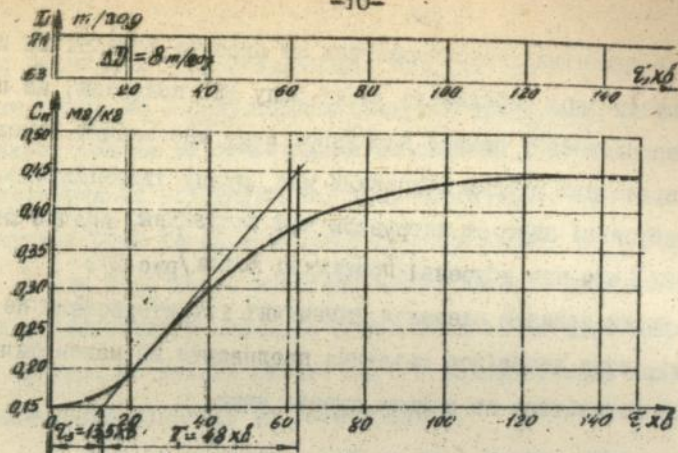


Рис. 2. Часова характеристика загального солемісту лари при збуренні паровою нагрівкою

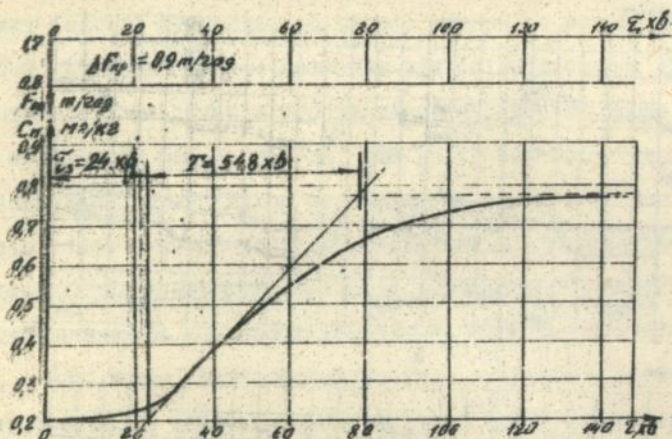


Рис. 3. Часова характеристика загального солемісту пари при збуренні продувкою котла

В третьому розділі розроблена математична модель якості пари, на яку проводились подальші дослідження. Парогенератор, як об'єкт дослідження якості пари є складним об'єктом, котрий розбивається на чотири елементи: водяний об'єм барабана котла та водяний об'єм щіклонів, система водянсу очистки пари щіклонів та паровий об'єм барабана, де проходить змішування пари барабана та

ЦИКЛОНІВ.

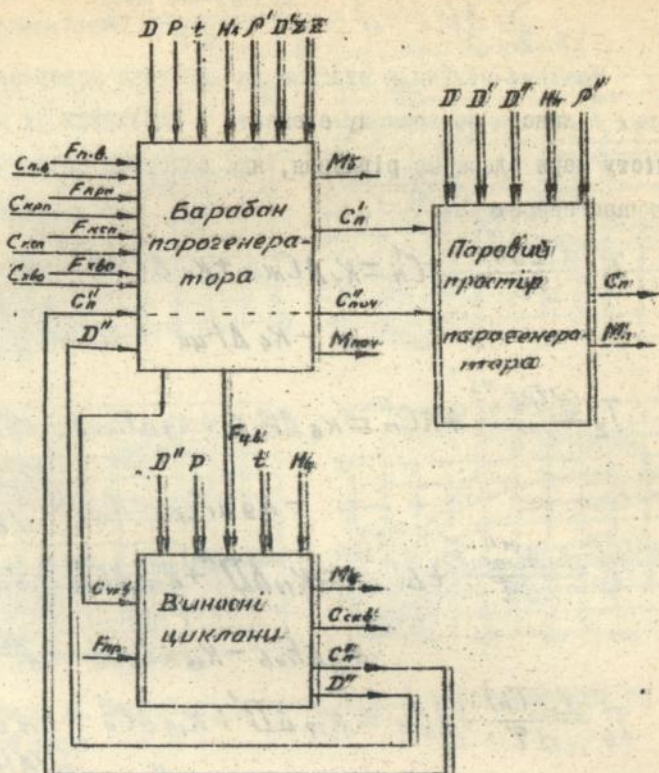


Рис. 4. Параметрична схема парогенератора по якості пари

Взаємозв'язок основних параметрів моделі парогенератора по каналу якості пари /надолі: модель якості пари/ показана на рис. 4.

Математична модель якості пари парогенератора одержана при розгляді матеріальних та солевих балансів для кожного елементу за відрізок часу  $d\tau$ :

$$\sum_{i=1}^n \Delta F_i = \frac{d(\Delta N)}{d\tau}; \quad |||$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta(F_i \cdot C_i) = \frac{d[\Delta(C_{ni} \cdot D_i)]}{d\varepsilon} \quad |2|$$

Склали рівняння статички та динаміки матеріального та солевих балансів по кожному елементу і вирішивши їх відносно солемісту пари одержано рівняння, які описують зміну солемісту пари парогенератора:

$$T_1 \frac{d(\Delta C_n')}{d\varepsilon} + \Delta C_n' = K_1 \Delta C_{жв} + K_2 \Delta F_{жв} - K_3 \Delta D' - K_4 \Delta F_{чв} - K_5 \frac{d(\Delta H_{50})}{d\varepsilon}; \quad |3|$$

$$T_2 \frac{d(\Delta C_n'')}{d\varepsilon} + \Delta C_n'' = K_6 \Delta F_{чв} + K_7 \Delta C_{чв} - K_8 \Delta D'' - K_9 \Delta F_{пр} - K_{10} \frac{d(\Delta H_{40})}{d\varepsilon}; \quad |4|$$

$$T_3 \frac{d(\Delta C_{поч}'')}{d\varepsilon} + \Delta C_{поч}'' = K_{11} \Delta D'' + K_{12} \Delta C_n'' - K_{13} \Delta D'' - K_{14} \Delta F_{св} - K_{15} \Delta C_{св} - K_{16} \frac{d(\Delta H_{пч})}{d\varepsilon}; \quad |5|$$

$$T_4 \frac{d(\Delta C_n)}{d\varepsilon} + \Delta C_n = K_{17} \Delta D' + K_{18} \Delta C_n' + K_{19} \Delta D'' + K_{20} \Delta C_{поч}'' + \frac{d(\Delta H_n)}{d\varepsilon}. \quad |6|$$

Постійні часу  $T_1, T_2, T_3, T_4$  і коефіцієнти  $K_1 - K_{21}$  являються функціями конструктивних та режимних параметрів парогенератора. Числові значення постійних часу і коефіцієнтів передачі визначені з врахуванням значень технологічних та конструктивних величин для парогенератора типу БКВ Коселякського цукрового заводу.

Модель досліджувалася при 20 % збуреннях основних параметрів, а по продукції і витраті хімічненої води при значно більших.

На рис. 5 приведені перехідні функціональні залежності моделі якості пари по загальному солемісту насиченої пари при 20 %

збуреннях витратами пари, живильною, хімічною і продувочною води та солемістом живильною води:

$$C_n = f(D; F_{жв}; F_{хв}; F_{пр}; C_{жв}). \quad 171$$

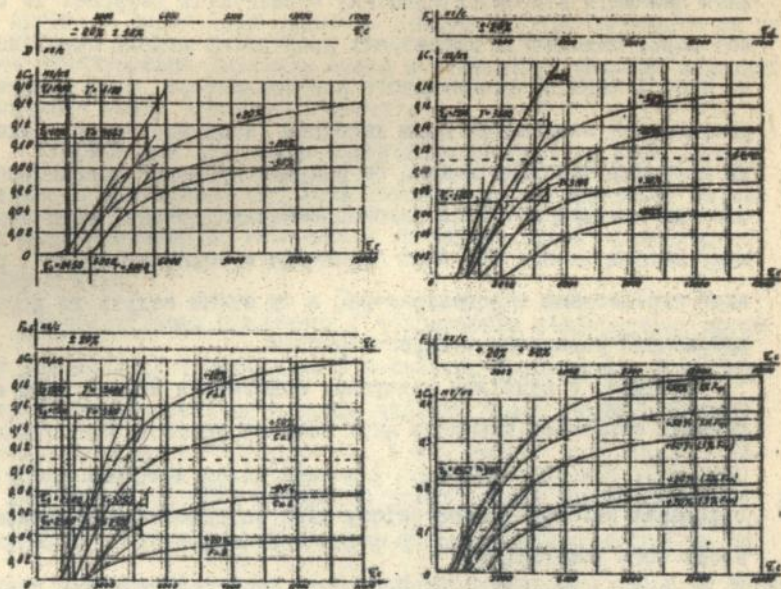


Рис. 5. Перехідні функції моделі парогенератора по якості пари.

Найбільші відхилення солемісту пари опостерігаються при збуренні витратами продувочної води, витрата якої змінювалась в широких межах - від  $\pm 20$  до  $\pm 50$  %. При зменшенні продувки до 50 % солеміст пари збіляється до 0,17 мг/кг, або ж збільшиться на 0,06 мг/кг від оптимального значення солемісту, рівного 0,11 м./кг. Крім того, зменшується час заміщення і постійна часу при 50 % збуренні продувкою котла.

Розглядаючи вплив інших величин на солеміст, слід відзначити значний вплив на солеміст пари витрати живильною води, пари, хімічною води та солеміст живильною води. Вплив пари і живильною води на солеміст пари взаємовиключаючий, а при добувках хімічною води, щоб уникнути збільшення солемісту пари, необхід-

но збільшити величину продувки від 2 до 5-6 %.

На якість пари впливає також солеміст живильної води, який залежить від співвідношення конденсатів ретурної та сокової пари. Виходячи з проведених досліджень моделі парогенератора по якості пари та промислового парогенератора, слід з'ясувати, що регулювання солемісту пари найбільш доцільно вести шляхом зміни величини продувки котла. За рахунок продувки виводиться доцільний мінімум котлової висококонцентрованої води при мінімумі втрат тепла. Всі інші параметри є технологічними і режимними параметрами парогенератора, а їх зміни ведуть до порушень динамічної рівноваги в парогенераторі.

Одним з найбільш відчутних показників якості пари є її загальний солеміст, контроль якої повинен вестись автоматично і неперервно. Найбільш чутливий фізичний метод контролю якості є вимірювання загального солемісту пари за допомогою електропровідності його конденсату.

Розробці автоматичного методу контролю загального солемісту пари присвячений четвертий розділ роботи.

Пара парогенераторів котлів цукрових заводів містить в собі крім солей велику кількість введеного конденсатами і розчиненого в живильній воді аміаку. Якщо межеве значення солемісту пари дорівнює 0,3 мг/кг, то вміст аміаку змінюється від 50 до 350 мг/кг, тобто електропровідність проби за рахунок аміаку на декілька порядків вища за електропровідність розчинених солей.

Запропоновано термохімічний метод очистки проби від аміаку перед коліметричними вимірюваннями. Спочатку проба пари тричі обробляється теплом, в результаті чого аміак майже виводиться з розчину, а залишок аміаку проби поглинається іонообмінною смолою КУ-2-8. При пропусканні проби через іонообмінний фільтр в Н-формі розчини солей перетворюються в розчини відповід-

них кислот, питома електропровідність яких в декілька разів вища за електропровідність розчинів солей. В результаті іонобічних процесів проба пари повністю очищується від аміаку, а за рахунок перетворення розчинів солей в відповідні кислоти підвищує в декілька разів чутливість методу.

Розроблений індикатор загального солемісту пари /рис.6/ дозволяє з достатньою точністю автоматично контролювати якість пари парогенераторів, незважаючи на досить високі концентрації аміаку в парі.

Паровідбірним пристроєм 1 безперервно відбирається проба пари для аналізу і подається в дегазатор-холодильник 2, де пара частково конденсується, а друга частина через верхній дросель вентиляції дегазатор - холодильника, в результаті чого разом з паром виводиться до 60 % аміаку та інших газів. Потім конденсат поступає в дегазатор-концентратор 3 атмосферного тиску, де за рахунок самовипаровування та підігріву конденсату паром із дегазатора 2 проходить більш глибоке вилучення аміаку разом з паром. Завдяки трійній термосмресці з пробки пари вилучається до 96-98 % аміаку. Дегазована проба з незначним залишком аміаку і всіма присутніми солями подається в іонобічний фільтр 7, де повністю нейтралізується залишковий аміак, а солі основних кислот перетворюються в відповідні кислоти. Після фільтра розчин подається на кондуктометричний датчик 4, який підключено в одне з плечей автоматичного зрівноваженого мосту КСМ-2. Термостатування датчика проводиться пробой пари, яка після дегазатора-концентратора 3 з температурою біля 100° С проходить по трубчатому зміювнику 5. За допомогою крану 6 проводиться підключення розчину соляної кислоти для регенерації фільтра.

Виробничі випробування індикатора загального солемісту пари /ІВСП-І/ показали надійну і ефективну роботу при віднось-

під точності та хорошему відтворенню результатів вимірювання, а відомча комісія рекомендувала до серійного виготовлення і впровадження в теплоенергетиці цукрових заводів.

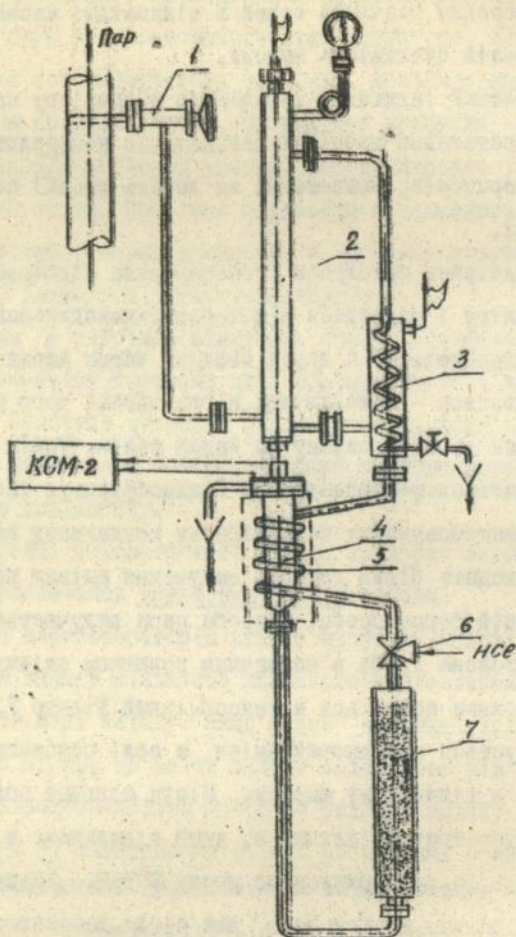


Рис. 6. Індикатор загального солемісту

пари типу ІЗСП-І:

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1 - паро-відбірний пристрій ;                     | 4 - кондуктометричний датчик ; |
| 2 - дегазатор-охолоджувач ;                       | 5 - трубчатий змішувач ;       |
| 3 - дегазатор-концентратор<br>атмосферного типу ; | 6 - кран ;                     |
|   | 7 - іонообмінний фільтр        |

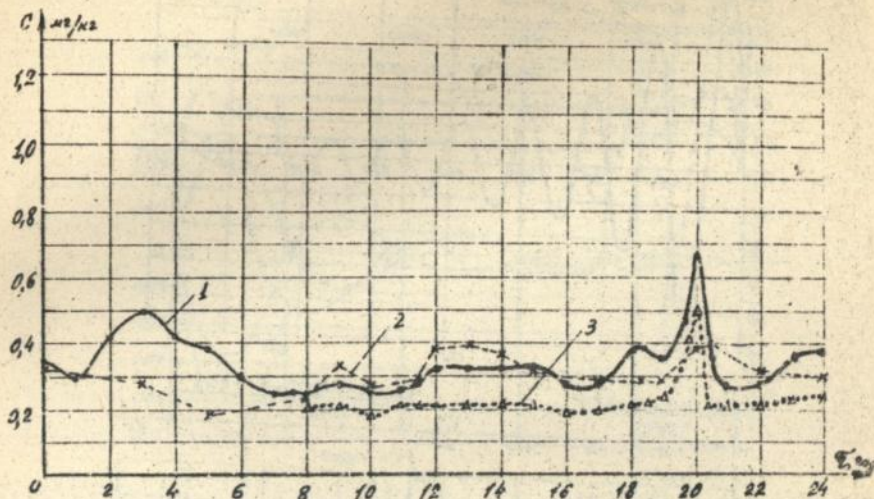


Рис. 7. Зміна загального солемісту пари парогенератора БХЗ-75 за добу:

- 1 - аналізи хімлабораторії;
- 2 - результати вимірювання індикатором;
- 3 - вимірювання лабораторним кондуктометром ММЗЧ-04

Результати виробничих паралельних вимірювань загального солемісту пари парових котлів індикатором ІВСІ - 1, лабораторним кондуктометром ММЗЧ-04 та хімлабораторією ТЕС Ксбеляківського цукрового заводу /рис.7/ показали, що похибка вимірювання загального солемісту індикатора порівняючи з обома контрольними методами не перевищила 5 %. Проте при пікових змінах солемісту пари результати вимірювання індикатором більш зглажені тому, що пікові зміни гасяться за рахунок ємності іонообмінного фільтра.

В цьому розділі роботи проведено аналіз існуючих систем автоматизації продукції парогенераторів по солемісту котлової води на останній ступені випаровування /циклонах/ які на цукрових заводах через велику кількість

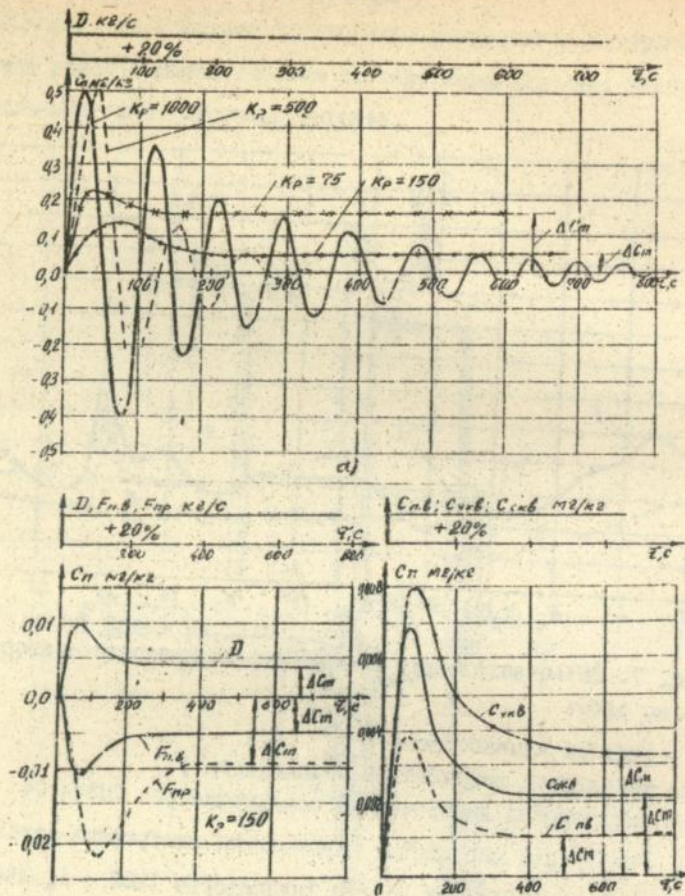


Рис. 3. Перехідні процеси автоматичної системи регулювання якості пари з П-регулятором

ними. Величина неперервної і періодичної продукції на більшості ТЕЦ цукрових заводів встановлюється лабораторією КВУ.

Запропонований метод автоматичного регулювання якості пари полягає в тому, що автоматична система реагує на відхилення головного якісного показника - загальної солемісту насиченої пари. Крім того, слід відмітити, що зміна загальної солемісту пари відбувається швидше ніж зміна солемісту коллоїдної води по головному збуренню - по паровій навантаженні.

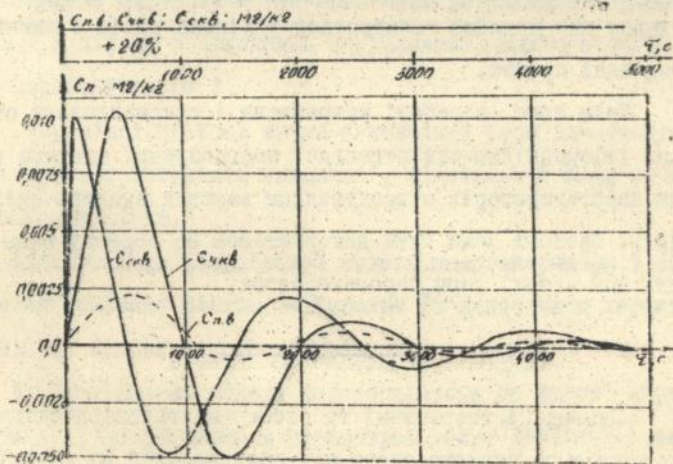
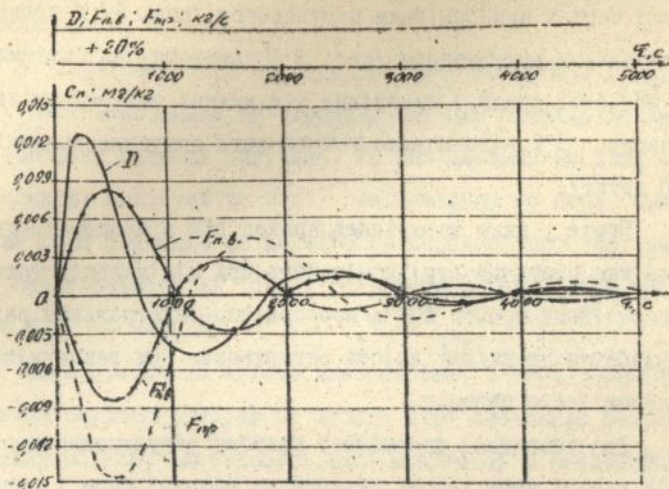


Рис. 9. Перехідні процеси автоматичної системи регулювання якості пари з ПІ-регулятором

Структурна схема запропонованої автоматичної системи регулювання /АСР/ якості пари принципово відрізняється від АСР продукти лише тим, що на вхід регулятора подається сигнал до загальному солемістку навантаженої пари.

Дослідження на моделі парогенератора по якості пари АСР, якості пари з пропорційним регулятором /рис. 8/ и пропорційно-інтегральним регулятором /рис. 9 / показали, що системи працюють надійно. стало і динамічне відхилення солемісту пари не перевищує 5 % максимально допустимого значення солемісту /300 мг/кг/.

Проте, якщо перехідний процес АСР з пропорційним регулятором має статичну нерівномірність при мінімальній тривалості, то перехідний процес АСР з пропорційно-інтегральним регулятором забезпечує високу якість регулювання при незначній тривалості перехідного процесу.

Для зменшення динамічної похибки регулювання необхідно в АСР якості пари вводити сигнали по витраті пари і продукції. Дослідження на моделі з імпульсною АСР якості пари показали, що динамічна похибка зменшується в кілька разів і зменшується перехідний процес.

Крім того, в роботі розроблена і рекомендована структурна схема інформаційно-виміральної прогнозувальної системи якості пари парогенераторів з врахуванням вагових значень вхідних параметрів. Система може бути використана на першому етапі впровадження АСР якості пари парогенератора.

### ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження парових котлів середнього тиску цукрових заводів по якості генеруваної пари дозволили зробити наступні висновки:

1. Існуючі системи автоматичного контролю та регулювання неперервної продукції парових котлів для підтримки необхідної якості пари через високу концентрацію аміаку та органічних сполук в живильній, котловій воді та парі на більшості котлів з нецере-

цездатні. Контроль якості пари та величина продукції визначається хіміабораторією ХВО.

2. Парогенератора середнього тиску по якості генеруємої пари є багатомісними об'єктами із значним самовирівнюваним по всіх основних каналах збурення, що складається із двох ісолідовано з'єднаних ємкостей по воді паралельних по парі, ємкості для очистки пари циклонів та загального парового простору змішування пари. Парогенератор як об'єкт регулювання описується аперіодичною ланкою другого порядку.

3. Теоретичний аналіз властивостей і експериментальні дослідження парогенераторів по якості пари дозволили розробити математичну модель, властивості якої полягають в наступному:

матемодель розроблена у вигляді опису чотирьох ланок ;

модель відображає взаємозв'язок регулюємих параметрів по ланках і в цілому з основними збуреннями і впливом солесмієних процесів парогенератора ;

перехідні процеси зміня солесмієсту пари визначаються паровою напругою, витратами живильної, хіміочищеної води та конденса-  
тими сокових парів.

Адекватність розробленої моделі парогенератора і об'єкта дослідження доказана шляхом порівняння їх динамічних характеристик по мінімуму квадратичного відхилення.

4. Дослідження моделі парогенератора по якості пари дозволили уточнити, що регулюємих параметром можна вважати - загальний солесмієст пари, а регулюючим - величину продувочної води.

5. Дослідження перехідних процесів автоматичної системи регулювання якості пари показали, що запропоновані одноімпульсні системи регулювання з П- і ІІ - регуляторами працюють надійно, стало і забезпечують необхідну лієсть перехідних процесів системи.

6. Розроблений індикатор загального солемісту пари типу ІЗСП-І забезпечує надійний та об'єктивний контроль якості пари парогенераторів при задовільній точності вимірювання.

7. Рекомендовано та впроваджено в індикаторі термохімічний метод очистки проби конденсату пари, суть якого полягає в тому, що аміак і гези максимально вилучаються з проби під дією тепла і вентиляції, а незначна залишкова частина аміаку вилучається за допомогою іонообмінної смоли КВ-2-8. В результаті іонообмінних процесів солі перетворюються в кислотні розчини, електропровідність яких в кілька разів вища за електропровідність солей. За рахунок іонообмінних процесів чутливість методу вимірювання підвищується в кілька разів.

8. Рекомендовано режим роботи індикатора (швидкість фільтрації проби 60-120 мл/хвилину; температура термостатування 75 - 79° С; витрата трітчої пари на дегазатор-концентратор 2,5 л/год), забезпечуючий повне вилучення аміаку з проби та високу точність зимірювання якості пари парогенератора  $\pm 0,06$  мг/кг.

9. Розроблена конструкція двоелектродного, проточного, кондуктометричного датчика, термостатування якого проводиться пробою пари.

10. Економічний ефект від впровадження автоматичної системи контролю та сигналізації якості пари на Червонознам'янському, Миронівському, Кобеляцькому цукрових заводах складає більше 3 млрд.крб. за сезон в цінах на 01.01.1985 року.

#### ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Цылюга В.Д., Краснокутська С.В., Кушменко В.П. Автоматичний контроль якості пари // Харчова промисловість. АПК, наука, техніка, промисловість. --- 1990. - № 11. - С. 33-35.

2. Ципюра В.Д., Краснокутская С.В. Разработка метода и устройства автоматического контроля общего солевого содержания пара. Тезисы докладов на шестой национальной научно-технической конференции с международным участием "Автоматизация процессов в пищевой и биотехнологической промышленности" - Львов (УРСР) - ВУХРП, 1990. - С. 94-95.

3. Ципюра В.Д., Квачевский Ю.В., Краснокутская С.В. Автоматический контроль качества пара паровых котлов ТЭЦ сахарных заводов // Республиканский межведомственный тематический научный сборник "Пищевая промышленность" - К.: Урожай, 1992, вып. 36, - С. 91-93.

4. Литвинов А.М., Краснокутская С.В. Об оценке качества пара паровых котлов // Технические средства и системы управления технологическими процессами. - К.: Институт автоматизации, 1992. - С. 131-134.

5. Литвинов А.М., Краснокутская С.В. Контроль показників якості квітливої води і пари // Харчова і переробна промисловість 1993. - № 2, - С. 29-30.

6. Литвинов А.М., Краснокутская С.В. І інформаційно-вимірвальна система якості пари парових котлів // Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції "Розробка та впровадження нових технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість" - К.: КТІП, 1993, - С. 16-18.

7. Промышленные испытания индикатора общего солевого содержания пара // Тезисы докладов конференции "Микропроцессорные системы управления технологическими процессами пищевой промышленности: опыт, разработка и эксплуатация" - К.: КИИ, 1992. - С. 91-92.

- P* - тиск пари, МПа ;  
*H* - рівень, м ;  
*t* - температура, °С ;  
*D* - парова нагрузка, т/год; кг/с ;  
*F* - витрата т/год ; кг/с ;  
*ρ* - густина кг/м<sup>3</sup> ;  
*C* - солеміст мкг/кг ;  
*S* - площа, м<sup>2</sup> ;  
*V* - об'єм, м<sup>3</sup> ;  
*M* - волога, % ;  
*χ* - питома електрична провідність, мкС<sub>м</sub> / см ;  
*τ* - год, сек., хвилини ;  
*T* - постійна часу ;  
*K* - коефіцієнти передачі .  
*N* - маса

## І Н Д Е К С И

- i* - номер по порядку ;  
*n* - пара ;  
*b* - вода ;  
*поч* - очищена пара ;  
*б* - барабан ;  
*ч* - циклон ;  
*хво* - хімічно очищена вода ;  
*кпр* - конденсати рекурної пари ;  
*ксп* - " " сокової пари ;  
*чкв* - чиста котлова вода ;  
*скв* - солоня котлова вода .

с.у.с.