

складені з циліндричних, еліптичних, сферичних та конічних частин оболонки. Розрахунковою схемою задачі вибрано жорстко закріплена з обох сторін складена оболонка навантажена внутрішнім тиском, частини якої мають різну товщину. Розрахунок зроблено для двох моделей оболонок: класичної та уточненої, де враховано деформацію поперечного зсуву. Проведено аналіз розподілу максимальних напружень та еквівалентного напруження (інтенсивність напружень) по довжині та товщині оболонки.

**Висновки.** Таким чином при розрахунках міцності оболонкових елементів обладнання встановлена суттєва різниця результатів отриманих для двох моделей оболонок. Різниця є більшою для складених з різних частин оболонок ніж для простих оболонок. Це можна пояснити тим, що для частини складеної оболонки зі збільшеним співвідношенням товщини до радіуса зростає вплив деформації поперечного зсуву. Враховуючи цей фактор підвищується точність розрахунків обладнання на міцність.

### **Список літератури**

1. Остриков А.Н., Абрамов О.В. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. СПб.: ГИОРД, 2003. – 352 с.

2. Богомолов О.В., Гурский П.В., Богомолова В.П. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових виробництв. – Х.: Еспада, 2005. – 430с.

3. Сичов А.І., Сичова Т.О. Розрахунки на міцність тонкостінних елементів обладнання переробних і харчових виробництв зі зниженою жорсткістю // Інженерія переробних і харчових виробництв. – Харків, ХНТУСГ, 2017. – №2(1) – С.79-82.

**УДК 519.71:[681.5:664.1]**

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ТА БЕЗПЕКОВИХ СКЛАДОВИХ У РОБОТІ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ АСК ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ**

**Ляшенко С.О., Фесенко А.М., Кісь В.М.**

*(Державний біотехнологічний університет)*

Головним завданням для України є створення потужної цукрової промисловості з ефективними показниками виробництва, які будуть відповідати рівню економічно розвитих країн світу. Цукрова промисловість є досить енергоємною. Підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та забезпечення необхідної якості продукції на виробничих дільницях цукрових заводів здійснюється за рахунок оптимального керування технологічними процесами [1].

Головним фактором, що впливає на ефективність цукрового виробництва, є якість сиропу з випарної установки (ВУ) цукрового заводу. Низька якість сиропу з ВУ спричинює отримання цукру низької якості і підвищеної

кольоровості [2].

Застосування ефективної автоматизованої системи керування процесом випарювання підвищить продуктивність праці, зменшить витрату матеріалів і енергії, покращить якість продукції, забезпечить впровадження прогресивних методів управління. Мікропроцесорні пристрої та електронно-обчислювальні машини, пов'язані між собою обчислювальними і керуючими мережами, дозволяють впроваджувати комп'ютерні технології у ТП та управління ними [3, 4].

Мета роботи - визначення основних ефективних та безпекових показників процесу випарювання соку у ВУ та критеріїв ефективності, що використовуються в АСК цукрового заводу.

Випарна установка цукрового заводу є найбільш важливим об'єктом в системі автоматизації цукрового виробництва, оскільки при установці автоматичних приладів контролю і регулювання відбувається: значна економія тепло- та енергоносіїв; економія пального; поліпшується стабільність роботи і якість цукру; оптимізується підвищення виходу цукру. При автоматизації ВУ повинні бути передбачені: контроль і регулювання подачі випарюваного соку на установку, рівня в корпусах випарної установки, тиску та температури пари (умовного палива), коефіцієнту теплопровідності, густини, тиску та температури сокової пари в корпусах і розрідження в п'ятому корпусі; контроль сухих речовин, кольоровості, рН, температури соку перед і сиропу після ВУ.

Варто забезпечити автоматизацію наступних параметрів: регулювання тиску пару в I корпусі ВУ; регулювання рівня припливу сиропу; вимір витрати соку; вимір СВ соку та сиропу; регулювання рівня в I корпусі випарної станції; регулювання витрати сиропу.

Важливим безпековим показником у роботі ВУ є підтримка рівня соку у корпусах ВУ. Як показали дослідження, у випарних апаратах існує значна теплова нерівномірність в обігріві кип'ятильних труб. Недотримання вимог щодо підтримки рівня соку може призвести до погіршення роботи ВУ та аварій [5].

Одним з основних показників ефективності цукрового виробництва, крім економії енергоресурсів, є якість продукції. Тому показником, що визначає кінцеву якість цукру, обираємо кольоровість [6].

На основі проведеного аналізу були обрані найбільш значущі показники ТП які відображаємо векторами: вхідний вектор ( $V_i$ ), вихідний вектор ( $Y_j$ ), вектор керування ( $U_k$ ), який складається з ( $U_k = U_{k1} + U_{k2}$ ).

1. Вхідний вектор ( $V_i$ ): витрати соку ( $G_B$ ); вмісту сухих речовин ( $CP_B$ ); температури соку ( $T_B$ ); кольоровості соку ( $K_B$ ); рН соку ( $pH_B$ ).

2. Вихідний вектор ( $Y_j$ ): витрати пару (умовного палива); витрати сиропу після ВУ; кольоровості сиропу; рН соку; температури випареного сиропу; вмісту сухих речовин у сиропі після ВУ.

3. Вектор керування ( $U_k = U_{k1} + U_{k2}$ ).

3.1. Впливи керування ( $U_{k1}$ ): витрати умовного палива (тиск ретурної пари); температура пари; рівень соку у ВУ.

3.2. Внутрішні змінні режимні показники ( $U_{k2}$ ): температура кипіння соку; коефіцієнт теплопровідності соку; густина соку у ВУ; тиск сокової пари у

ВУ.

Критерієм керування може бути комплексний показник (функціонал або оператор функції мети) на основі мінімізації витрати умовного палива, оптимального значення якості (кольоровості) розчину, витрати розчину та значення рівня соку у ВУ:

$$J = \begin{cases} R_i \rightarrow \min \\ K_0 \leq K \leq K_n \\ G_0 \leq G \leq G_n \\ l_n \leq l \leq l_v. \end{cases}$$

де  $R_i$  - витрата умовного палива на ВУ;  $K, G, l$  - граничні значення відповідно до якості розчину, витрата розчину та рівня соку у ВУ.

Знаючи критерій керування, який застосовується для ефективної роботи ВУ, встановлюємо: основною метою керування технологічним процесом випарювання є отримання на виході з ВУ сиропу з показниками якості, які будуть відповідати нормативним безпековим вимогам, показникам екологічності, економічності з мінімумом витрати умовного палива та розчину.

Витрата соку, що подається на ВУ, регулюється в режимі автоматичної стабілізації або в режимі співвідношення зі значенням кольоровості та концентрації розчину до об'єму випареної води для регулювання кольоровості сиропу. Кольоровість сиропу неперервно програмно розраховується відповідно до методики розрахунку випарювання соку у ВУ.

Визначення залежності кольоровості та концентрації розчину від об'єму випареної води після ВУ визначається наступним виразом:

$$K_k = \frac{K_n \cdot v}{1 - \frac{W \cdot s}{G_n}}$$

де -  $K_n, K_k$  - початкове та кінцеве значення кольоровості розчину, од. ICUMSA;  $G_n, G_k$  - продуктивність по початковому та кінцевому розчину, кг/год;  $W$  - кількість випареної води, кг/год;  $v$  - емпіричний коефіцієнт оптичної густини розчину (0,2-0,8);  $s$  - поправочний показник випареної води [7].

Визначено основні показники, які впливають на якість кінцевої продукції (цукру): кольоровість, рН, сухі речовини, температура пару, соку, тиск пари. Основну безпекову складову в роботі ВУ забезпечує АСК, яка підтримує безпековий режим роботи ВУ. Наведені значення технологічних показників процесу випарювання соку у ВУ визначають взаємозв'язок між вхідними та вихідними показниками ТП по показниках якості продукції, а також керуючі фактори та їхній вплив у системі інтелектуального керування ТП випарювання. Запропоновану математичну модель для управління параметрами технологічного процесу випарювання по якісному показнику можна використовувати в програмному забезпеченні АСК ТП цукрового заводу [8].

## Список літератури

1. Власенко Л. О. Ладанюк А. П. Підвищення ефективності функціонування технологічного комплексу цукрового заводу за рахунок використання методів діагностики та прогнозування. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. №.2/3 (44). –С. 57–62.

2. Галацан Л.А. Робота цукрових заводів України при переробці цукрових буряків урожаю 2018 року // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції цукровиків України — Перспективи розвитку цукрової промисловості України. – К.: НУХТ, 2019. – С.18–30

3. Руденко О.Г., Бессонов А.А. Адаптивное управление многомерными нелинейными объектами на основе радиально-базисных сетей // Кибернетика и системный анализ.–№2.–2005.–С. 9–18.

4. Купін А. І. Ідентифікація та автоматизоване керування в умовах процесів збагачувальної технології на основі методів обчислювального інтелекту / А. І. Купін, А. О. Сенько, Б. С. Мисько. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Кривий Ріг: Синельников Д. А., 2019. – 298 с.

5. Хомічак Л. Причини утворення і способи попередження інкрустації на теплотехнологічному обладнанні бурякоцукрового виробництва // Науково-практичний центр цукробурякового виробництва. Науку у виробництво. 2017. №3. – Режим доступу: [http://sugar-journal.com.ua/custom/files/Vestnik\\_ua/2017/09/4-10.pdf](http://sugar-journal.com.ua/custom/files/Vestnik_ua/2017/09/4-10.pdf)

6. Вимоги до виробництва цукру приведено у відповідність до європейських. Урядовий портал. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/ua/news/vimogi-do-virobnictva-cukru-privedeno-u-vidpovidnist-do-yevropejskih>

7. Ляшенко С.О., Фесенко А.М., Юрченко В.В., Кісь О.В. Оптимізація екологічних та якісних показників роботи цукрових заводів в результаті удосконалення математичного забезпечення АСУТП цукрового виробництва. // Інженерія природокористування, 2020, №2(16) – Харків – 2020. – С. 128-136.  
Liashenko S., Fesenko A., Liashenko O., Kis V., Turuta O. Improvement of Mathematical Support and Implementation of Modern Criteria of Juice Quality in the Automated Process Control Systems at the Sugar Mill Evaporation Station. // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, Volume 8. No. 6, June 2020, С. 2683–2690. doi.org/10.30534/ijeter/2020/75862020.

УДК 631.147:636.087

## ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА КОРМОВОЇ ДОБАВКИ З ПОБІЧНИХ ПРОДУКТІВ ПРОМИСЛОВОСТІ

**Михальченко С.А., д-р с.-г. наук, професор**

*(Державний біотехнологічний університет)*

**Вступ.** У зв'язку з ростом цін на зерно стоїть завдання скорочення його використання на фуражні цілі. Пропонуються різні шляхи вирішення даного