

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

Нікітін Микита Іванович

УДК 66.01.57–52

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІДЦЕНТРОВОГО  
КЛАСИФІКАТОРА ВУГІЛЛЯ З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ  
МОДЕЛЮВАННЯ

Спеціальність 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

м. Харків - 2001

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут”,  
Міністерство науки і освіти України

Науковий керівник - кандидат технічних наук, доцент,  
**Поворознюк Анатолій Іванович,**  
Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, професор кафедри обчислювальної техніки та програмування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник,  
**Перцев Леонід Петрович,**  
Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, професор кафедри хімічної техніки та промислової екології

кандидат технічних наук,  
**Резніков Геннадій Давидович,**  
АТ “УкркомунНДІпроект”, м. Харків, начальник сектору науково-дослідних робіт

Провідна установа

Український науково-дослідний і конструкторський інститут хімічного машинобудування (ВАТ “УкрНДІхіммаш”), Державний комітет промислової політики України, м. Харків

Захист відбудеться “01” березня 2001 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д  
64.050.05 у Національному технічному університеті “Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розісланий ”30” січня 2001 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Тимченко В.К.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Економічний потенціал України в сучасних умовах, як і кожної держави, залежить від стану вугільної бази коксування та наявності паливо-енергетичних ресурсів.

**Актуальність теми.** Зменшення дефіциту вугільної сировинної бази коксування та енергоносіїв у державі можливо досягти за рахунок скорочення втрат вугілля при його збагаченні, та додатковим видобутком вугілля з відходів. Для цього необхідно створити класифікатор шламів, який розділяв би шлами за граничним зерном  $0,15-0,044$  мм, із високим ступенем поділу. Тому, розробка апарату для ефективної класифікації вугілля є актуальною проблемою, успішне рішення якої сприятиме розвитку процесу збагачення вугілля. Традиційний метод розробки апаратів, заснований на фізичному моделюванні, не відповідає вимогам ринкової економіки України, тому що він потребує чимало коштів, трудових ресурсів та займає багато часу. Тому потрібен інший метод для рішення цієї проблеми. Бажано розробку апарату та розрахунок його конструктивних і технологічних параметрів здійснити за допомогою ЕОМ. Моделювання на ЕОМ, у порівнянні з фізичним моделюванням вносить гнучкість, зручність і швидкість здійснення розробки, тому що воно дозволяє при мінімальних витратах імітувати безліч варіантів типорозмірів класифікатора, технологічних параметрів його роботи та інше. При цьому моделювання апарату на ЕОМ не виключає експериментальних досліджень, а органічно зв'язано з ними.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження виконувалися за спільною ініціативою УХІНа та кафедри “Обчислювальна техніка та програмування” НТУ “ХПІ”. Тема № 60421 НТУ “ХПІ” виконувався по науковій координованій програмі та плану НДР УХІН (державний номер реєстрації 0194U029748), де автор був відповідним виконавцем.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є дослідження й оптимізація конструктивних і технологічних параметрів відцентрового класифікатора вугілля на основі розробленої математичної моделі та автоматизованої системи моделювання його роботи.

У відповідності з метою роботи сформульовані та вирішуються такі задачі:

- провести аналіз сучасних класифікаторів вугілля та математичних моделей процесів, що відбуваються в них;
- запропонувати методику оптимізації конструктивних і технологічних параметрів відцентрового класифікатора вугілля на базі автоматизованої системи його моделювання;
- розробити математичну модель руху вугільної суспензії по конічній та тороїдальній частині ротора класифікатора;
- визначити умови відриву твердої і рідкої фаз суспензії від поверхні півтора та удосконалити математичну модель їх повітряного польоту до розвантажувального пристрою класифікатора;
- розробити автоматизовану систему моделювання гідравлічного відцентрового класифіка-

тора вугілля і створити для неї програмне забезпечення;

- створити процедуру оптимізації і здійснити верифікацію даних, отриманих на розробленій автоматизованій системі моделювання та на фізичній моделі;

- реалізувати розроблену автоматизовану систему моделювання відцентрового класифікатора вугілля з метою оптимізації конструктивних і технологічних параметрів при розв'язанні практичних задач.

*Об'єкт дослідження* - процес руху вугільної суспензії у конусно-тороїдальному роторі гідравлічного відцентрового класифікатора.

*Предмет дослідження* – оптимізація конструктивних і технологічних параметрів гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля за допомогою автоматизованої системи його моделювання.

*Методи досліджень.* Теоретичні дослідження основних закономірностей руху вугільної суспензії у роторі класифікатора виконані на основі положень гідродинаміки, класичної механіки, сучасних теорій адгезії та когезії. Для визначення фізико-хімічних властивостей вугільних шламів застосовані методи технічного та гранулометричного аналізу. При моделюванні процесу руху суспензії застосовані чисельні методи. Для визначення ступеня впливу найбільш важливих конструктивних та технологічних параметрів на процес класифікації вугільної суспензії було використане планування експериментів та метод оптимізації при знаходженні екстремуму цільової функції.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Основні наукові результати виконаної роботи:

1. Вперше розроблена математична модель руху вугільної суспензії, і її основних компонентів, рідкої і твердої фаз, по конічній і тороїдальній частинах ротора гідравлічного відцентрового класифікатора.

2. Вперше створені математичні залежності, що визначають умови відриву твердої і рідкої фаз суспензії від поверхні півтора.

3. Запропонована математична модель повітряного польоту твердих зерен і елементарних об'ємів рідини від поверхні півтора до розвантажувальних пристроїв класифікатора, з метою визначення необхідної висоти їх установки.

4. Вперше розроблено програмне забезпечення автоматизованої системи моделювання гідравлічного відцентрового класифікатора вугільних суспензій.

5. Створена процедура оптимізації та здійснена верифікація даних, отриманих на автоматизованій системі моделювання і на фізичній моделі.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблено автоматизовану систему моделювання процесів та оптимізації конструктивних і технологічних параметрів гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля, яку впроваджено в УХІНі та ГІПРОКОКСі. На запропонованій автоматизованій системі розроблені рекомендації оптимальних параметрів для виготовлення про-

мислового зразка гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля. Госпрозрахунковий економічний ефект від застосування автоматизованої системи моделювання гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля склав 104,5 тис. грн.

**Особистий внесок здобувача.** У роботі [2], що виконана у співавторстві, проведений огляд роботи класифікаторів вугілля, які використовуються у виробництві для обрання напрямка досліджень. Також у роботах [1, 7, 11, 12, 13] здійснений аналіз існуючих математичних моделей та запропонований математичний опис руху вугільної суспензії у відцентровому класифікаторі. У роботах [1, 15] розроблено програмне забезпечення для автоматизованої системи проектування відцентрового класифікатора. У роботах [3, 6, 8, 9] - проведення випробувань класифікатора вугілля в промислових умовах та здійснення аналізу отриманих даних. У роботі [2] виконана верифікація математичної моделі автоматизованої системи моделювання відцентрового класифікатора. У роботах [16,17,18] запропоноване викростання у промисловості програмного забезпечення та автоматизованої системи моделювання відцентрового класифікатора вугілля.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації доповідались та одержали схвалення на конференціях: Міжнародні науково-технічні конференції “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я” MicroCAD, Харків, ХДПУ, 1996, 1997, 1999, 2000 рр.; Міжнародна науково-методична конференція “Інженерна освіта на межі століть: традиції, проблеми, перспективи”, Харків, ХДПУ, 2000 р.; Семінарах Національної Академії наук України “Спеціалізовані обчислювальні машини і моделювання”, 1997, 1998 рр.

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 18 наукових праць, серед яких 5 статей у наукових журналах, 4 статі у наукових журналах за кордоном (Російська Федерація), 5 статей у збірниках наукових праць, 2 тези доповідей на міжнародних конференціях та 2 інформаційних листка.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається з вступу, п’яти розділів, висновків і 3 додатків. Повний обсяг дисертації 190 сторінок, 5 ілюстрацій на 5 сторінках, 6 таблиць на 8 сторінках, 13 таблиць та 13 ілюстрацій по тексту, 3 додатка на 28 сторінках, список використаних літературних джерел із 140 найменувань на 12 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, її наукову і практичну цінність, сформульовано мету та задачі роботи, наведено її загальну характеристику.

**В першому розділі** “Аналіз класифікаторів вугілля та математичних моделей процесів, що відбуваються в них” наведено аналіз, який показує, що зменшення дефіциту вугільної сировинної бази коксування і теплоенергоносіїв можливо досягти за рахунок скорочення втрат вугілля після

його збагачення та додатковим видобутком палива з відходів флотації. Для цього потрібно розробити відцентровий класифікатор, який би ефективно розділяв шлам по граничному зерну 0,15 мм. Також, з аналізу випливає, що математичний опис процесів, що відбуваються у гідравлічному відцентровому класифікаторі вугілля, для створення автоматизованої системи моделювання, у даний час знаходиться в початковій стадії розвитку.

Для подальших досліджень по розробці автоматизованої системи моделювання гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля обрано пристрій, запатентований УХІНом у зв'язку з тим, що він містить ротор, який складається з конусної і тороїдальної частин, та має регульований розвантажувальний пристрій для продуктів поділу. Розроблену для цього ротора автоматизовану систему можна використовувати для оптимізації конструктивних і технологічних параметрів апарата окремо для конусної та тороїдальної конструкцій.

Визначено мету даної роботи та сформульовано ряд задач, які вирішуються в ній.

**В другому розділі** “Методика оптимізації конструктивних і технологічних параметрів відцентрового класифікатора вугілля” розроблена та викладена методика дослідження й оптимізації конструктивних і технологічних параметрів відцентрового класифікатора вугілля, структурна схема якої приведена на рис. 1.

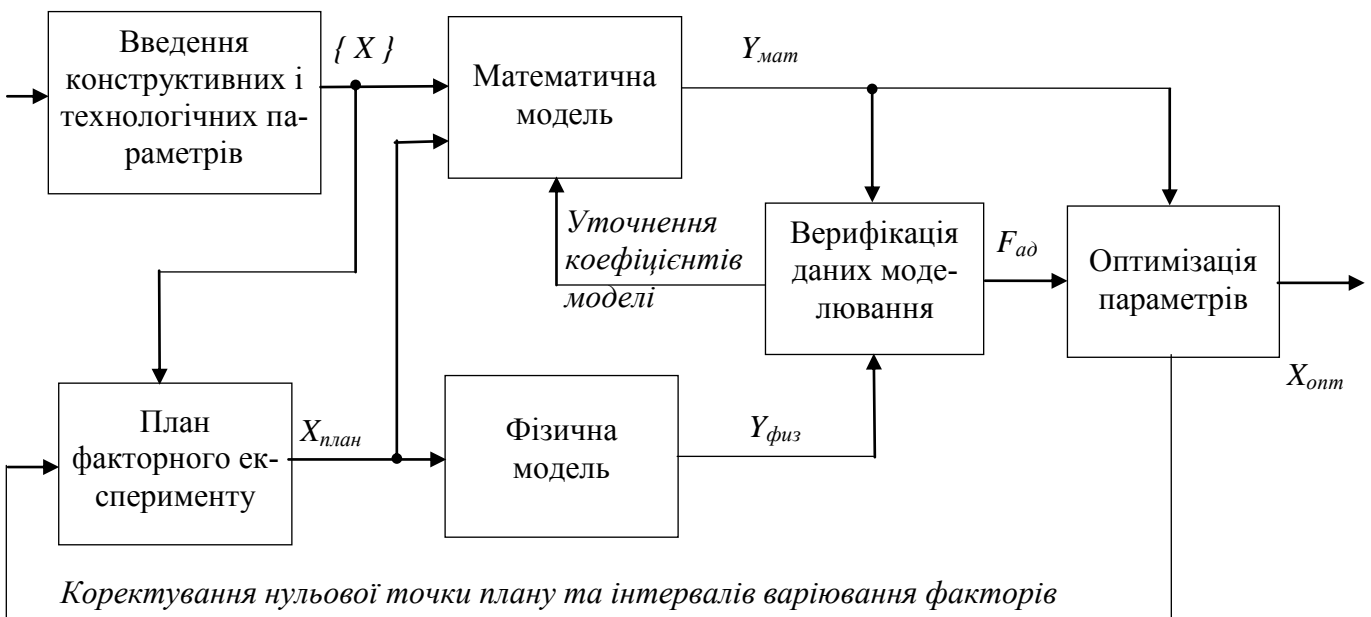


Рис. 1. Структурна схема дослідження й оптимізації конструктивних і технологічних параметрів відцентрового класифікатора вугілля.

Для одержання експериментальних даних обрані й використані сучасні методи аналізу, що регламентовані державними стандартами України.

**У третьому розділі** “Розробка математичної моделі руху вугільної суспензії у конусно-тороїдальному роторі відцентрового класифікатора” викладено розроблену теорію та математичну модель процесу руху вугільної суспензії у гідравлічному відцентровому класифікаторі ву-

гілля.

Вугільна суспензія, що надходить в апарат на класифікацію, являє собою механічну суміш дискретних твердих часток у воді.

При описі динаміки руху ідеальної нестисливої рідини рівняння Ейлера записується у виді:

$$\rho_{ж} \left( \frac{d\mathbf{v}}{dt} \right) = - \frac{\partial p}{\partial r} + \mu \cdot \Delta \mathbf{v} + \mathbf{f} ; \quad (1)$$

яке доповнюється рівнянням нерозривності:

$$\operatorname{div} \mathbf{v} = 0 ,$$

де  $\rho_{ж}$  – щільність рідини ( $\rho_{ж} = \text{const}$  для нестисливих рідин);

$\mathbf{v}$  – вектор швидкості;

$\Delta \mathbf{v} = \operatorname{rot} \cdot \operatorname{rot} \mathbf{v}$  – циркуляція вектора швидкості  $\mathbf{v}$  навколо елементарного обсягу;

$r$  – радіус-вектор розглянутої точки простору;

$\frac{d\mathbf{v}}{dt}$  – повна або субстанційна похідна;

$\mu$  – в'язкість рідини;

$\mathbf{f}$  – сумарний вектор об'ємних сил, що діє в даній точці простору.

Рух центра інерції твердої частки описується рівнянням:

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = \iint_S \sigma_{ij} n_j ds + F , \quad (2)$$

де  $m$  – маса твердої частки;

$r$  – радіус-вектор твердої частки;

$t$  – час руху складової суспензії;

$\sigma_{ij}$  – напруги в рідині в точці нескінченно близько розташованої до поверхні частки;

$n_i$  – направляючі косинуси нормалі  $n$  до поверхні частки, орієнтованої у бік рідини;

$\iint_S ds$  – інтегрування по поверхні частки;

$F$  – поле зовнішніх сил, що діють на центр інерції частки.

При описі закономірностей процесу руху суспензії, що складається з рідкої фази і  $N$  твердих часток, необхідно скласти  $4+6N$  рівнянь (1) та (2) у частинних похідних. Для цієї системи рівнянь неможливо цілком врахувати крайові умови, що веде до зростання складності реалізації та рішення поставленої задачі.

Тому при побудові математичної моделі були прийняті наступні припущення: зі стінками ротора стикається тільки рідина, тому що вона покриває поверхню кожної твердої частки, складає найбільший відсоток від маси суспензії, та зтягується в спіралевидний рух; проекції швидкості обертального руху прикордонного шару рідини й поверхні ротора збігаються (немає прослизання);

розподіл швидкостей елементарних об'ємів по товщині шару рідини має лінійну залежність; для розрахунку руху твердих зерен розглядається статистично зважена у середньому шарі рідини частка; усі тверді частки мають кулясту форму; зіткнення між частками і зі стінками ротора, частковий вихід їх з рідини та зворотне наближення до стінок (відцентрове осідання) не враховуються; динаміка прояву сил адгезії та їх вплив на рух суспензії до уваги не беруться.

Така схематизація дозволяє описати рух суспензії системою звичайних диференціальних рівнянь зі змінними коефіцієнтами, причому окремо рух рідини, та окремо, з урахуванням рішення рівнянь руху рідини, рух середньостатистичної зваженої твердої частки.

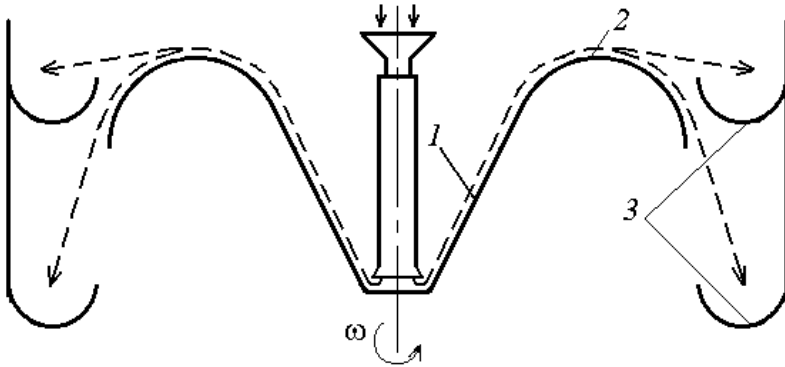


Рис. 2. Функціональна схема відцентрового класифікатора та часток рідини; розрахунок висоти їх влучення в уловлювачі 3 розвантажувального пристрою.

Характер руху суспензії у роторі відцентрового класифікатора можна розбити на етапи (рис. 2): рух суспензії по його конічній складовій 1 та по утворюючій півтора 2; визначення умов відриву основних компонентів суспензії від поверхні півтора; політ у повітрі твердих зерен та часток рідини; розрахунок висоти їх влучення в уловлювачі 3 розвантажувального пристрою.

#### Рух рідини в роторі по його конічній утворюючій (1 етап, рис. 2).

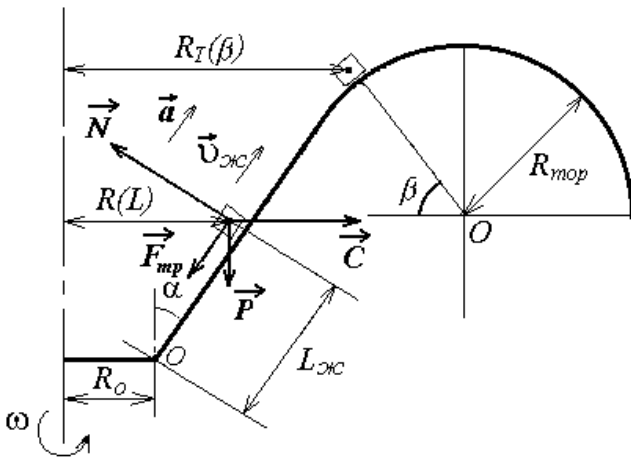


Рис. 3. Сили, які діють на елементарний об'єм рідини при її русі по поверхні ротора.

При описі руху елементарного об'єму рідини по конічній утворюючій ротора відцентрового класифікатора, враховуються (рис. 3): відцентрова сила  $\vec{C}$ ; сила ваги  $\vec{P}$ ; сила тертя рідини об поверхню ротора  $\vec{F}_{тр}$ ; нормальна складова  $\vec{N}$ . Ці сили складають сумарний вектор об'ємних сил, що діють на елементарний об'єм рідини в даній точці простору.

На основі загального рівняння (1), та враховуючи прийняті припущення, одержимо диференціальне рівняння руху рідини по конічній утворюючій ротора:

$$\frac{d^2L}{dt^2} = \omega^2 (R_0 + L \sin \alpha) (\sin \alpha - f \cos \alpha) - g (f \sin \alpha + \cos \alpha), \quad (3)$$

де  $L$  – шлях, який подолав елементарний об'єм рідини, м;

$t$  – час транспортування рідини по конічній частині ротора, с;



$\omega$  – кутова швидкість обертання ротора,  $c^{-1}$ ;

$R_0$  – початковий радіус конусної частини ротора, м;

$\alpha$  – кут конусності, градуси;

$f$  – коефіцієнт тертя матеріалу, що рухається, з поверхнею ротора;

$g$  – коефіцієнт земного тяжіння,  $m/c^2$ .

Рішення диференційного рівняння (3) ведеться, до моменту досягнення елементарним об'ємом рідини кінця лінійної ділянки ротора, з нульовими початковими умовами: початковий момент часу  $t_0 = 0$ ; початковий шлях, який пододала рідина  $L_0 = 0$ ; початкова швидкість рідини  $v_0 = \left[ \frac{dL}{dt} \right]_0 = 0$ .

**Рух твердих часток у потоці рідини по конічній ділянці ротора (1 етап рис. 2).**

Виходячи з рівняння (2), та зробивши заміну члену  $\iint_S \sigma_{ij} n_j d\sigma$  цього рівняння на гідродинамічну

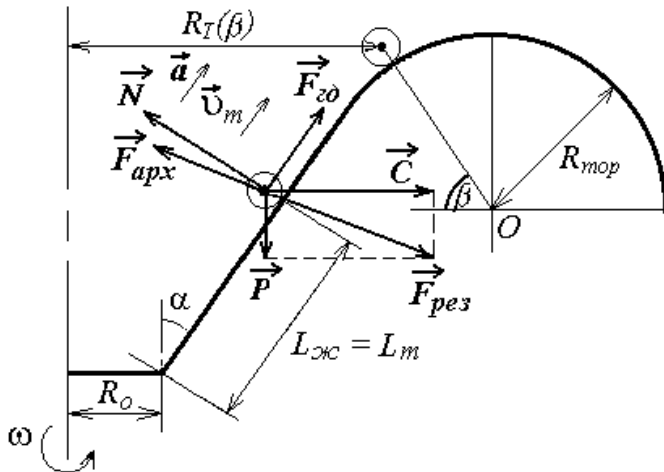


Рис. 4. Сили, які діють на тверду частку при її русі по конічній поверхні ротора.

$\vec{N}$ , одержуємо диференційне рівняння, яке описує рух твердої частки в потоці рідини:

$$\frac{d^2 L}{dt^2} = -\frac{18\mu}{\rho_m d_m^2} \frac{dL}{dt} + \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_m}\right) (\omega^2 L \sin^2 \alpha + \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_m}\right) (R_0 \omega^2 \sin \alpha - g \cos \alpha) + \frac{18\mu}{\rho_m d_m^2} v_{ж}(L_m)), \quad (4)$$

де  $L_m$  – шлях, пройдений зерно, м;

$\rho_m$  – щільність твердої частки,  $кг/м^3$ ;

$d_m$  – діаметр твердої частки, м;

$\rho_{ж}$  – щільність рідини,  $кг/м^3$ ;

$v_{ж}(L_m)$  – функція залежності швидкості руху рідини від пройденого шляху твердою часткою по конічній поверхні ротора, м/с. Обчислюється по рівнянню (3).

Рішення диференційного рівняння (4) ведеться, до моменту досягнення твердою часткою кінця конусної частини ротора, з нульовими початковими умовами: початковий момент часу  $t_0 = 0$ ;

силу для кулястих часток:

$$\vec{F}_{zd} = 3\pi\mu d_m (v_{ж} - v_m),$$

де  $\mu$  – коефіцієнт в'язкості рідини;

$d_m$  – діаметр твердої частки, м;

$v_{ж}, v_m$  – швидкість рідини та твердої частки у заданій точці суспензії, м/с.

А також прийняв наступні зовнішні сили, що діють на центр інерції частки (рис. 4): відцентрова сила  $\vec{C}$ ; вага твердої частки  $\vec{P}$ ; Архімедова сила  $\vec{F}_{apx}$ ; нормальна складова

початковий шлях, пройдений твердим зерном  $L_0 = 0$ ; початкова швидкість твердої частки

$$v_0 = \left[ \frac{dL}{dt} \right]_0 = 0.$$

### Рух рідини по утворюючій півтора (2етап, рис. 2).

Аналогічно припущенням, прийнятим при побудові рівняння (3), одержаного з рівняння у частинних похідних (1), визначимо швидкість руху рідкої фази суспензії й час її транспортування в будь-якій точці на поверхні півтора. Для цього необхідно знайти залежність зміни кутової швидкості рідини  $\Omega_{ж}$  від кута конусності  $\beta$  шляхом розв'язання диференційного рівняння загального виду з початковими умовами:

$$\frac{d^2\beta}{dt^2} = \frac{\omega^2 R_T(\beta)(\sin\beta - f \cos\beta) - g(\cos\beta + f \sin\beta)}{R_{тор}}; \quad \beta_0 = \alpha; \quad \Omega_0 = \left[ \frac{d\beta}{dt} \right]_0 = \frac{v_{кон.ж}}{R_{тор}}, \quad (5)$$

де  $R_T(\beta)$  – залежність відстані від осі обертання ротора до поточного перебування зерна або рідини на поверхні півтора від кута нахилу  $\beta$  (див. рис. 2).

$R_{тор}$  – радіус півтора, м;

$\Omega_0$  – початкова кутова швидкість руху рідини по півтору, м/с;

$v_{кон.ж}$  – кінцева швидкість рідини на конічній ділянці ротора, м/с.

Залежність зміни модуля лінійної швидкості руху рідини  $v_{ж}$  від кута конусності  $\beta$  у кожній точці на поверхні півтора визначається по формулі:

$$v_{ж}(\beta) = R_{тор} \Omega_{ж}(\beta), \quad (6)$$

де  $\Omega_{ж}(\beta)$  – залежність зміни кутової швидкості рідини від кута конусності півтора, м/с.

Розрахунок кутової швидкості руху рідини від кута конусності ведеться за допомогою диференційного рівняння (5) до моменту відриву її від поверхні півтора.

### Рух твердої частки в потоці рідини по утворюючій півтора (2 етап, рис. 2).

На основі загального рівняння (2), та використовуючи припущення прийняті при побудові рівняння (4), одержуємо диференційне рівняння загального виду:

$$\frac{d^2\beta}{dt^2} = \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_m}\right) \frac{\omega^2 R_T(\beta) \sin\beta - g \cos\beta}{R_{тор}} + \frac{18\mu}{\rho_m d_m^2} \frac{d\beta}{dt} - \frac{18\mu v_{ж}(\beta)}{R_{тор} \rho_m d_m^2}. \quad (7)$$

де  $v_{ж}(\beta)$  – функція залежності швидкості руху рідини від кута нахилу півтора, м/с. Обчислюється за допомогою рівняння (6).

Диференційне рівняння (7) загального виду описує транспортування твердої частки в потоці рідини по утворюючій півтора, при наступних початкових умовах:

$$\beta_0 = \alpha; \quad \Omega_0 = \left[ \frac{d\beta}{dt} \right]_0 = \frac{v_{кон.м}}{R_{тор}},$$

де  $\Omega_0$  – початкова кутова швидкість руху твердої частки, м/с;

$v_{кон.т}$  – швидкість руху зерна в потоці рідини на кінці конічної ділянки ротора, м/с.

Обчислення ведеться до моменту відриву твердої частки з потоку рідини, що рухається по поверхні півтора.

Лінійна швидкість переміщення твердої частки в рідині на півторі, дорівнює:

$$v_m(\beta) = R_{тор} \Omega_m = R_{тор} \frac{d\beta}{dt}. \quad (8)$$

де  $\Omega_m$  – кутова швидкість руху твердої частки, м/с.

#### **Визначення умов відриву основних компонентів суспензії від поверхні півтора.**

При виконанні даних умов відбувається відрив елементарного об'єму рідини від поверхні півтора або твердої частки з потоку рідини.

Формула, що описує умови відриву елементарного об'єму рідини від поверхні півтора, одержана з умови балансу енергій до і після відриву, має вигляд:

$$v_{ж}^2(\beta) > R_{тор}(\omega^2 R_T(\beta) \cos\beta + g \sin\beta) + \frac{R_{тор} \sigma_{жг} (3 + \cos Q_{адг})}{\rho_{ж} h_{ж}^2}. \quad (9)$$

де  $R_T(\beta)$  – залежність відстані від осі обертання ротора до точки поточного перебування елементарного об'єму рідини або твердої частки на поверхні півтора, від кута нахилу  $\beta$ , м;

$\sigma_{жг}$  – поверхневий натяг рідини;

$Q_{адг}$  – крайовий кут змочування;

$h_{ж}$  – товщина шару рідини, м.

Аналогічно умова вильоту твердої частки з потоку рідини:

$$v_m^2(\beta) > \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_m}\right) R_{тор}(\omega^2 R_T(\beta) \cos\beta + g \sin\beta) + \frac{3R_{тор} \sigma_{жг}}{2\rho_m d_m^2}. \quad (10)$$

#### **Траєкторія польоту твердих часток після їх вильоту із суспензії на поверхні півтора.**

Початкова швидкість твердого зерна в повітряному польоті  $v_{нач}$  обчислюється з умови початкової кінетичної енергії, яка дорівнює різниці кінетичної енергії його відриву  $E_{отр}$  від поверхні півтора і втраченої кінетичної енергії  $E_{пот}$ :

$$E_{нач} = E_{отр} - E_{пот}.$$

З цього початкова швидкість  $v_{нач.т}$ :  $v_{нач.т} = v_{кон.т} - v_{пот.т} = v_{кон.т} - \sqrt{\frac{3\sigma_{жт}}{\rho_m d_m}}$ ,

де  $v_{кон.т}$  – кінцева швидкість руху твердої частки до відриву.

При описі руху зерна у вільному польоті знаходиться дальність  $X$  і висота  $h$ . Для цього вирішується диференціальне рівняння горизонтальної складової з початковими умовами:

$$\frac{d^2 X}{dt^2} = -\frac{3\mu_{везд} \cdot \rho_{везд}}{2\rho_m d_m} \left[\frac{dX}{dt}\right]^2; \quad X_0 = X_{отр}, \quad \left[\frac{dX}{dt}\right]_0 = v_{гор} \sin\beta_{отр}, \quad (11)$$

де  $\mu_{\text{возд}}$  – коефіцієнт опору повітряного середовища;

$\rho_{\text{возд}}$  – щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$X_{\text{отр}}$  – відстань від осі обертання ротора до точки відриву твердої частки, м;

$\beta_{\text{отр}}$  – кут відриву твердої частки від поверхні півтора, градуси.

Інтегрування ведеться до моменту часу, визначеного досягненням твердим зерном уловлювачів розвантажувального пристрою на корпусі апарата.

І для вертикальної складової з початковими умовами:

$$\frac{d^2h}{dt^2} = -g - \frac{3\mu_{\text{возд}}\rho_{\text{возд}}}{2\rho_m d_m} \left[ \frac{dh}{dt} \right]^2; \quad h_0 = h_{\text{отр}}, \quad \left[ \frac{dh}{dt} \right]_0 = v_{\text{вер}} \cos \beta_{\text{отр}}, \quad (12)$$

де  $h_{\text{отр}}$  – висота відриву твердої частки відносно дна ротора, м.

Інтегрування за рівнянням (12) ведеться до моменту часу закінчення руху твердої частки у вільному польоті  $t_{\text{пол}}$ , визначеного рішенням диференційного рівняння (11) для горизонтальної складової.

**Траєкторія польоту елементарного об'єму рідини після відриву від поверхні півтора.**

Початкова швидкість  $v_{\text{нач.ж}}$  руху елементарного об'єму рідини після відриву від поверхні півтора:

$$v_{\text{нач.ж}} = v_{\text{кон.ж}} - v_{\text{пот.ж}} = v_{\text{кон.ж}} - \sqrt{\frac{2\sigma_{\text{жж}}(3 + \cos Q_{\text{адг}})}{\rho_{\text{ж}} h_{\text{ж}}}},$$

де  $v_{\text{кон.ж}}$  – кінцева швидкість руху рідини до відриву.

Диференційні рівняння горизонтальної та вертикальної складових:

$$\frac{d^2X}{dt^2} = -\frac{\mu_{\text{возд}} \cdot \rho_{\text{возд}}}{2\rho_{\text{ж}} h_{\text{ж}}} \left[ \frac{dX}{dt} \right]^2, \quad \frac{d^2h}{dt^2} = -g - \frac{\mu_{\text{возд}} \rho_{\text{возд}}}{2\rho_{\text{ж}} h_{\text{ж}}} \left[ \frac{dh}{dt} \right]^2. \quad (13, 14)$$

Рішення рівнянь (13), (14) ведеться аналогічно руху твердої частки у вільному польоті.

У запропонованій математичній моделі руху по поверхні ротора, у вільному повітряному польоті елементарного об'єму рідини і середньостатистичної твердої частки відповідні допущення та невраховані фактори (розподіл швидкостей у кожному шарі рідини, починаючи від поверхні ротора до центра; багаторазова зміна швидкостей твердих часток за рахунок зіткнень між собою; втрата швидкості зерен внаслідок наявності тертя ковзання та кочення складових суспензії уздовж конусної утворюючої та на півторі; зміна опору повітряного потоку для наступних часток, які летять у повітряному вільному польоті, через залучення прикордонних шарів повітря) є випадковими перешкодами. Але, відповідно до центральної граничної теореми ці фактори підкоряються нормальному закону розподілу. Тому для врахування цих факторів в моделі генеруємо розкид висоти влучення складових суспензії по нормальному закону розподілу з нульовим середнім та дисперсією, що відповідає фізичній моделі.

**У четвертому розділі** “Розробка автоматизованої системи моделювання гідравлічного від-

центрового класифікатора вугілля” був проведений аналіз сучасних засобів реалізації математичного моделювання і була розроблена структура програмної реалізації автоматизованої системи моделювання гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля (рис. 5), в яку ввійшли розрахунок транспортування по конусно-тороїдальному ротору: рідини, окремих вугільних та породних зерен у ній; рідини і одного класу крупності твердого продукту в ній; вугільної суспензії; а також математична обробка експериментальних даних досліджень класифікації вугілля за планом факторного експерименту.

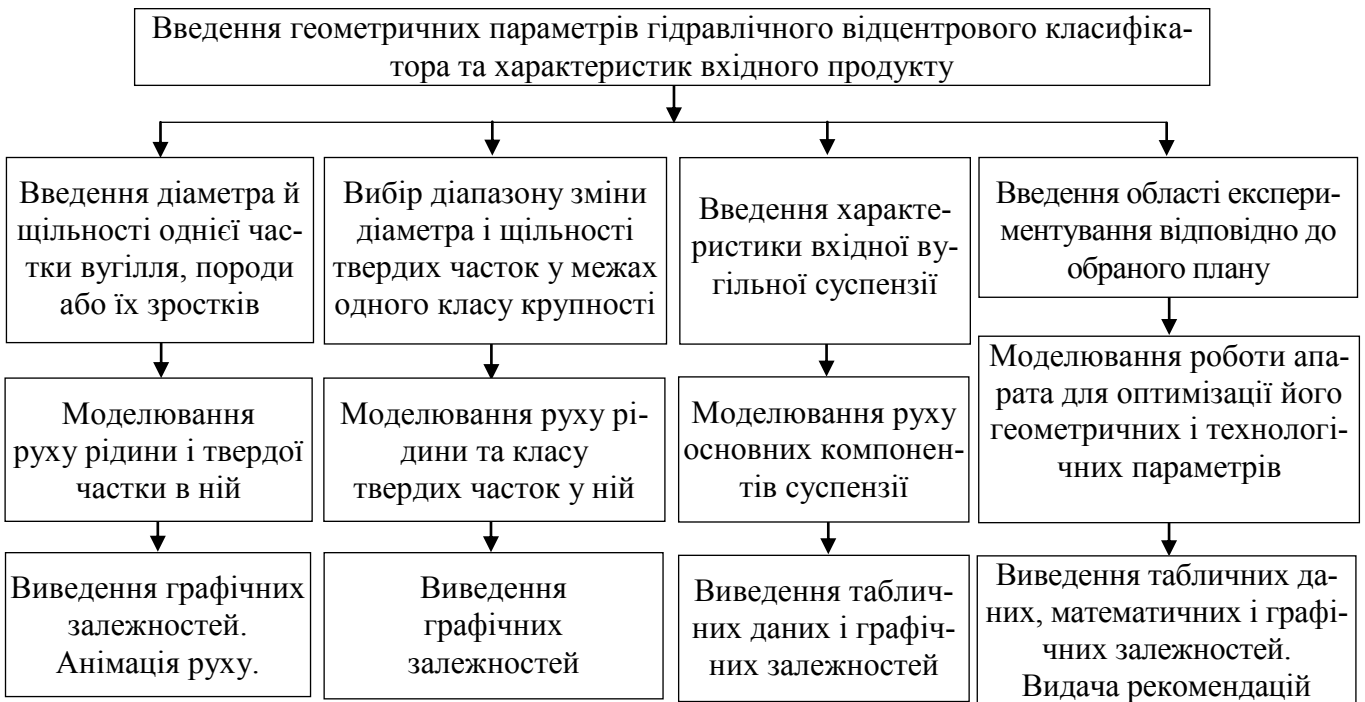


Рис. 5. Структурна схема програмного забезпечення автоматизованої системи моделювання відцентрового класифікатора.

Для програмної реалізації розробленої математичної моделі відцентрового класифікатора обрані засоби її рішення: чисельний метод Рунге-Кутта-Мерсона для рішення диференціальних рівнянь, функція відгуку другого порядку, рототабельний план факторного експерименту Бокса-Бенкіна на кубі з однією центральною точкою, та спосіб знаходження екстремуму цільової функції за методом Нелдера-Міда.

Для написання програмного забезпечення обрана мова високого рівня Pascal, з використанням інтегрованого середовища програмування Delphi for Windows, що має візуальну систему розробки інтерфейсів для користувача, системи створення контекстно-незалежної допомоги, а також забезпечує роботу в багатозадачних і мережних середовищах (MS Windows 98, 2000, MS Windows NT).

Створене програмне забезпечення робить розрахунок оптимальних значень технологічних і конструктивних параметрів, дозволяє одержати наочне зображення руху суспензії та її основних компонентів для автоматизованої розробки й проектування гідравлічного відцентрового класифікатора вугільних шлаків.

У п'ятому розділі “Верифікація математичної моделі автоматизованої системи моделювання гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля” наведено верифікацію математичної моделі. Для цього дані, отримані на лабораторній і промисловій стендовій установках, порівнюються з даними, розрахованими на розробленій автоматизованій системі моделювання гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля при співпадаючих геометричних та технологічних параметрах.

У лабораторних умовах, класифікацію вугільних шламових суспензій у гідравлічному відцентровому класифікаторі, проводили на стендовій установці. На цьому стенді вивчали залежність ефективності класифікації по зерну 0,15 мм від зміни кута конусності, частоти обертання ротора та вмісту твердого продукту у суспензії. Вхідним продуктом було відсівання з рядового вугілля вуглепідготовчого цеху № 2 ВАТ “Макіївський КХЗ” із розміром часток  $< 0,5$  мм (зольністю 22,9 %). У відсвіві вміст класу крупності  $< 0,15$  мм складає 41,8 %. З даного шламу, для проведення досліджень готували варіанти вугільних пульп з вмістом твердого продукту 50, 200 і 350  $\text{кг/м}^3$ , відповідно. Рідкою фазою суспензії була харківська питна вода з щільністю 1000  $\text{кг/м}^3$ .

Вхідними даними автоматизованої системи моделювання були: гранулометричний склад рядового вугілля вуглепідготовчого цеху № 2 ВАТ “Макіївський КХЗ”, щільність рідини – 1000  $\text{кг/м}^3$ , продуктивність по вхідній суспензії – 1 л/с, та геометричні розміри гідравлічного відцентрового класифікатора, що використовувався при проведенні лабораторних досліджень.

У дослідженнях застосовували активне планування експерименту з використанням плану Бокса-Бенкіна на кубі з однією центральною точкою. Як відгук приймали ефективність класифікації по зерну 0,15 мм.

Дані, отримані при оптимізації, свідчать про те, що максимальна ефективність процесу поділу вугілля по зерну 0,15 мм у лабораторному апараті досягається при наступних конструктивних і технологічних параметрах: кут конусності ротора –  $35^0$  ( $X_1$ ), частота обертання ротора дорівнює  $17,5 \text{ с}^{-1}$  ( $X_2$ ) при вмісту твердого продукту у вхідній суспензії  $174,5 \text{ кг/м}^3$  ( $X_3$ ).

Для ствердження адекватності отриманих даних на лабораторній установці та на автоматизованій системі моделювання була проведена перевірка гіпотези про те, що дві вибірки (дані ефективності класифікації на лабораторній установці та на автоматизованій системі) отримані з однієї генеральної сукупності.

Промислові іспити здійснювали у вуглепідготовчому цеху № 2 ВАТ “Макіївський КХЗ” на стендовій установці, яку монтували, підключали та випробували в технологічній схемі збагачення вугілля. Вхідним продуктом була вугільна пульпа, взята з центрального зумпфа, де зосереджуються всі первинні й вторинні грубозернисті шлами фабрики перед їх переробкою.

Порівняння адекватності та достовірність одержаних даних на запропонованій системі моделювання гідравлічного відцентрового класифікатора з даними промислових досліджень, отриманих на стендовій установці, підтверджується достатнім об'ємом і задовільною збіжністю ре-

зультатів теоретичних та експериментальних досліджень, адекватністю регресійних моделей процесу, апробацією в промислових умовах (при рівні значущості 0,95).

Дані, отримані при оптимізації регресійних моделей при активному плануванні експерименту

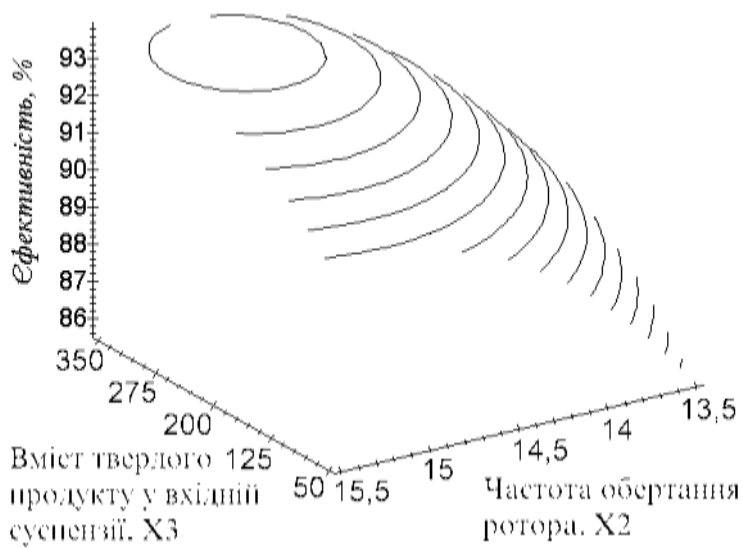


Рис 6. Графік ефективності класифікації на промисловій стендовій установці ( $X_1 = 36^0$ ).

з використанням плану Бокса-Бенкіна, свідчать про те, що максимальна ефективність процесу поділу вугілля по зерну 0,15 мм на промисловій стендовій установці досягається при наступних конструктивних і технологічних параметрах (рис. 6): кут конусності ротора –  $36^0$  ( $X_1$ ), частота обертання ротора дорівнює  $15,06 \text{ c}^{-1}$  ( $X_2$ ) при вмісту твердого продукту у вхідній суспензії  $278 \text{ кг/м}^3$  ( $X_3$ ).

З використанням запропонованої автоматизованої системи моделювання гідравлічного відцентрового класифіка-

тора вугільних шламів в УХІНе розроблена конструкція, виконано проект і виготовлено у майстернях інституту дослідний зразок відцентрового класифікатора вугільних шламів.

Таблиця –

Дані класифікації на відцентровому апараті та на запропонованій системі моделювання

Клас крупності, мм	Вхідний продукт		Згущений продукт	Злив	Ефективність (%) по зерну, мм		
	вихід, %	середня щільність часток, $\text{кг/м}^3$			вихід від вхідного, %	вихід від вхідного, %	0,15
<i>Гідравлічний відцентровий класифікатор</i>							
>0,5	14,9	1336	14,9	-	94,06	85,36	81,82
0,5-0,25	39,1	1350	39,1	-			
0,25-0,15	8,7	1421	8,3	0,4			
0,15-0,074	6,9	1537	0,4	6,5			
0,074-0,044	3,3	1775	0,2	3,1			
<0,044	27,1	1830	1,4	25,7			
Всього	100,0	1541	64,3	35,7			
<i>Автоматизована система моделювання</i>							
>0,5	14,9	1336	14,9	-	96,91	90,81	86,7
0,5-0,25	39,1	1350	39,1	-			
0,25-0,15	8,7	1421	8,29	0,41			
0,15-0,074	6,9	1537	0,91	5,99			
0,074-0,044	3,3	1775	-	3,3			
<0,044	27,1	1830	-	27,1			
Всього	100,0	1541	63,2	36,8			

У промислових умовах проведені порівняльні дослідження розробленого дослідного зразка

відцентрового класифікатора вугілля з апаратами, які застосовуються на вуглефабриках. Показано, що найбільш ефективно працює запропонований відцентровий класифікатор. При порівнянні запропонованої автоматизованої системи моделювання гідравлічного відцентрового класифікатора з даними, які отримані на дослідному зразку, проведено на ній розрахунок виходів продуктів розділу і ефективності класифікації вугілля, ці данні приведені у таблиці. Аналіз даних таблиці показує, що абсолютна помилка на автоматизованій системі моделювання у визначенні ефективності класифікації не перевищує 10 % (максимальна помилка 5,45 % для класу 0,074 мм). Таким чином запропоновану автоматизовану систему моделювання можна використовувати для розробки та проектування гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля. Тому вона рекомендована для впровадження в практику вуглезбагачення.

Госпрозрахунковий економічний ефект від впровадження автоматизованої системи моделювання гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля складає 104,5 тис. грн.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, яка спрямована на вирішення актуальної задачі оптимізації конструктивних і технологічних параметрів гідравлічного відцентрового класифікатора коксівного та енергетичного вугілля на основі розробленої математичної моделі та автоматизованої системи моделювання його роботи. В роботі запропонована методика дослідження та оптимізації конструктивних і технологічних параметрів відцентрового класифікатора вугілля, математична модель руху вугільної суспензії по конусній та тороїдальній частинам ротора класифікатора, визначені умови відриву твердої та рідкої фаз суспензії від півтора, та удосконалена математична модель їх повітряного польоту до розвантажувального пристрою апарата, створена процедура оптимізації і зроблена верифікація даних, які отримані на математичній та фізичній моделях, розроблена автоматизована система моделювання гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля.

Наукові та практичні результати такі:

1. Запропоновано методику дослідження та оптимізації конструктивних і технологічних параметрів гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля.
2. Математично описані закономірності руху вугільної суспензії по конусно-тороїдальному ротору за допомогою системи звичайних диференційних рівнянь із змінними коефіцієнтами; визначені умови відриву твердих зерен й рідких часток від утворюючої півтора та їх траєкторія польоту у повітрі до розвантажувального пристрою з метою визначення оптимальної висоти його установки.
3. Вибрано і описано обчислювальний модуль з використанням ефективних математичних



методів для рішення поставлених задач, та розроблено програмне забезпечення, що дозволяє зробити розрахунок оптимальних конструктивних і технологічних параметрів класифікатора вугілля.

4. Запропоновано процедуру оптимізації і здійснена верифікація даних, отриманих на розробленій автоматизованій системі моделювання і на фізичній моделі в лабораторних та промислових умовах. Порівняння даних свідчать про їх адекватність у межах помилки інженерних розрахунків.

5. З допомогою запропонованої автоматизованої системи моделювання розроблено дослідно-виробничий зразок, який пройшов порівняльні дослідження з апаратами, що використовуються на вуглефабриках. Отримані дані свідчать, що найбільш ефективно працює запропонований класифікатор. Таким чином запропоновану автоматизовану систему моделювання можна використовувати для розробки та проектування гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля. Тому вона рекомендована для впровадження в практику вуглезбагачення.

6. Розроблена автоматизована система моделювання гідравлічного відцентрового класифікатора вугілля на ЕОМ впроваджена в інститутах: УХИН і ГИПРОКОКС.

#### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Поворознюк А.И., Домнин Ф.А., Никитин Н.И. Математическая модель процесса центробежного сгущения шламов и её программная реализация // Уголь Украины. - 1996. - № 12. - С. 40-43.
2. Никитин И.Н., Никитин Н.И. Обработка шламов при обогащении углей // Уголь Украины. - 1996. - № 12. - С. 47-49.
3. Никитин И.Н., Поворознюк А.И., Никитин Н.И. Промышленная проверка центробежного классификатора для угля // Уголь Украины. - 1998. - № 1. - С. 52-53.
4. Никитин Н.И. Математические описания движения суспензий в центробежных классификаторах // Уголь Украины. - 1998. - № 3. - С. 40-41.
5. Никитин Н.И. Математическая модель движения суспензии в центробежном классификаторе. Её реализация на персональной ЭВМ // Кокс и химия. - 1998. - № 4. - С. 6-10.
6. Никитин И.Н., Назаренко Б.Г., Никитин Н.И. Центробежный аппарат для классификации и обогащения угольных шламов // Кокс и химия. - 1998. - № 8. - С. 34-36.
7. Поворознюк А. И., Никитин Н. И., Никитин И. Н. Закономерности перемещения пульпы по полукольцу ротора классификатора углей // Углекимический журнал. - 1999. - № 1-2. - С. 11-15.
8. Поворознюк А.И., Никитин Н.И., Никитин И.Н. Определение технологических и конструктивных параметров классификатора угля // Кокс и химия. - 2000. - № 3. - С. 4-6.
9. Никитин И.Н., Никитин Н.И. Испытания опытного образца оборудования для классификации угольных шламов // Кокс и химия. 2000. - № 6. С. 9-12.

10. Никитин Н.И. Разработка программного обеспечения системы автоматизированного проектирования центробежного сгустителя для угольных суспензий // Вестник Харьк. гос. политехн. ун-та, № 21. Применение вычислительных систем. - Выпуск 2. - Харьков: ХГПУ, 1997. - С. 53-54.

11. Поворознюк А.И., Никитин Н.И. Разработка математической модели процесса центробежного сгущения каменноугольных шламов // Вестник Харьк. гос. политехн. ун-та, № 21. Применение вычислительных систем. - Выпуск 2. - Харьков: ХГПУ, 1997. - С. 60-64.

12. Поворознюк А.И., Никитин Н.И. Анализ математического описания движения суспензий в центробежных классификаторах // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: Труды межд. научно-техн. конф. MicroCAD-97. 12-14 мая, Ч-5, 1997. - Харьков, Мишкольц, Магдебург: ХГПУ, МУ, МТУ, 1997. - С. 106-109.

13. Поворознюк А.И., Никитин Н.И. Математическая модель процесса транспортирования суспензии по полутору ротора в центробежном классификаторе // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье. Сборник научных трудов ХГПУ. - Выпуск 7, Ч - 3. - Харьков: ХГПУ, 1999. - С. 303-307.

14. Поворознюк А.И., Никитин Н.И., Колыбин Ю.Н. Верификация математической модели автоматизированной системы моделирования гидравлического центробежного классификатора углей // Вісник Харківського державного політехнічного університету. Збірка наукових праць. Выпуск 102. - Харків: ХДПУ, 2000. - С. 97-100.

15. Домнин Ф.А., Поворознюк А.И., Никитин Н.И. Разработка программного обеспечения системы автоматического проектирования центробежного сгустителя для отходов флотации // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: Материалы межд. научно-техн. конф. MicroCAD-96. 30-31 мая, Ч-2, 1996.- Харьков, Мишкольц, Магдебург: ХГПУ, МУ, МТУ, 1996. - С. 21.

16. Домнин Ф.А., Поворознюк А.И., Никитин Н.И. Использование в промышленности автоматизированной системы моделирования центробежного классификатора // Інженерна освіта на межі століть; традиції, проблеми, перспективи (к 115 річниці Харківського державного політехнічного університету): Праці міжн. науково-методич. конф. 28-30 березня 2000 р. / - Харків, ХДПУ, 2000. - С. 175-176.

17. Никитин Н.И., Поворознюк А.И., Никитин И.Н. Автоматизированная система моделирования центробежных классификаторов углей // Информационный листок № 7-99, Харьковское ХАРПНТЭИ. - 1999. - 2 с.

18. Никитин Н.И., Поворознюк А.И. Программное обеспечение для расчёта процесса гидравлической классификации твердых продуктов // Информационный листок № 80-99, Харьковское ХАРПНТЭИ. - 1999. - 2 с.

Нікітін М.І. Оптимізація конструктивних і технологічних параметрів відцентрового класифікатора вугілля з використанням автоматизованої системи моделювання. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.08 - процеси та обладнання хімічної технології. - Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2001.

Дисертацію присвячено питанням розрахунку оптимальних конструктивних і технологічних параметрів відцентрового класифікатора вугілля з використанням автоматизованої системи моделювання для підвищення ефективності збагачення вугільних шламів з використанням обчислювальної техніки. В роботі обґрунтовані теоретичні та практичні основи моделювання процесу руху вугільних суспензій в конусно-тороїдальному роторі відцентрового класифікатора. За допомогою фізичної і математичної моделей встановлено оптимальні значення: кута конусності ротора, частоти обертання ротора, фактору розподілу, та вмісту твердого продукту у вихідній суспензії для запропонованого відцентрового апарату.

Основні результати роботи знайшли застосування в науковому і проектному інститутах.

Ключові слова: гідравлічний відцентровий класифікатор, вугілля, оптимізація конструктивних і технологічних параметрів, математична модель, автоматизована система моделювання.

Никитин Н.И. Оптимизация конструктивных и технологических параметров центробежного классификатора угля с использованием автоматизированной системы моделирования. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 - процессы и оборудование химической технологии. - Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2001 г.

Диссертация направлена на решение проблемы уменьшения дефицита угля для коксования и теплоэнергетики Украины путем уменьшения его потерь при обогащении шламов или при извлечении топлива из ранее полученных отходов. Работа посвящена определению оптимальных технологических и конструктивных параметров гидравлического центробежного классификатора. Для этого была осуществлена теоретическая проработка и практическая реализация по созданию математического описания процесса движения суспензии по коническо-троїдальному ротору классификатора и автоматизированной системы его моделирования на базе вычислительной техники. С помощью физической и математической моделей выявлены оптимальные технологические и конструктивные параметры и установлено, что эффективность работы гидравлического центробежного классификатора определяется углом конусности, частотой вращения ротора, содержанием твердого в исходном продукте и фактором разделения.

Проведен анализ работы современных классификаторов угля и наличия математических описаний происходящих в них процессов. Предложена методика исследования и оптимизации конструктивных и технологических параметров с помощью автоматизированной системы моделирования гидравлического центробежного классификатора углей.

Разработана математическая модель движения угольной суспензии и ее основных компонентов (жидкой и твердой фаз) в гидравлическом центробежном классификаторе, которую удалось описать системой обыкновенных дифференциальных уравнений.

Предложена автоматизированная система моделирования центробежного классификатора углей и разработано для неё программное обеспечение. Создана процедура и осуществлена верификация данных, полученных на разработанной автоматизированной системе моделирования с результатами исследований в лабораторных и промышленных условиях на физической модели.

Предложенная автоматизированная система моделирования носит универсальный характер и может быть использована для классификаторов угля с коническим, тороидальным и коническо-тороидальным роторами.

Использование автоматизированной системы позволяет сочетать традиционные подходы при создании нового устройства – физическую модель с анализом экспериментальных данных (оперативной обработкой данных) и их подготовка для принятия решения.

Расчеты и выданные рекомендации, проведенные в лабораторных и промышленных условиях, свидетельствуют о достоверности полученных данных на разработанной автоматизированной системе моделирования классификатора угля.

С применением предложенной автоматизированной системы моделирования разработан гидравлический центробежный классификатор углей, который прошел сравнительные исследования в промышленных условиях. Данные испытаний свидетельствуют о том, что предложенный аппарат работает эффективнее, чем применяемые в практике классификаторы. В связи с этим он рекомендован для внедрения на углеобогащительных фабриках страны.

Гидравлический центробежный классификатор углей обеспечивает высокую эффективность разделения каменноугольных шламов по крупности и плотности зёрен, что позволяет его использовать для совершенствования существующих схем переработки коксующихся и энергетических углей.

Практическая реализация автоматизированной системы моделирования обеспечивает снижение трудоемкости и сокращение затрат на создание центробежного классификатора за счет сокращения времени проектирования на 20%.

Ключевые слова: гидравлический центробежный классификатор, уголь, оптимизация конструктивных и технологических параметров, математическая модель, автоматизированная система моделирования.

Nikitin N.I. Optimization of constructive and technological parameters of the centrifugal qualifier of coal with using the automated system of modelling. – A manuscript.

A thesis for the technical sciences candidate degree in 05.17.08 speciality: processes and equipment of chemical technology. – The National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute", Kharkiv, 2001.

The calculation of optimal constructive and technological parameters of a hydraulic centrifugal coal qualifier using an automated simulation system for increasing the efficiency of coal enrichment is presented. Theoretical and practical principals of simulating the coal suspension movement process in a cone toroidal rotor of the centrifugal qualifier are proved. Optimal values of the rotor cone angle, rotor rotation frequency and solid product content in original suspension for the centrifugal apparatus proposed are calculated by means of physical and mathematical simulation models.

The main results have proved their use at research and design institutions.

Keywords: hydraulic centrifugal qualifier, coal, constructive and technological parameters optimization, mathematical model, automated simulating system.