

**СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ВАСЬКІН РОМАН АНАТОЛІЙОВИЧ**

УДК 66.048.37

**ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ТА МАСОПЕРЕДАЧІ НА  
КЛАПАННІЙ ТАРІЛЦІ ЗІ СФЕРИЧНИМИ КЛАПАНАМИ**

05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Суми – 2005**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі прикладної екології Сумського державного університету Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник** – доктор технічних наук, професор **Пляцук Леонід Дмитрович**, Сумський державний університет, завідувач кафедри прикладної екології.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор **Семенишин Євген Михайлович**, Національний університет “Львівська політехніка”, професор кафедри хімічної інженерії та промислової екології;

доктор технічних наук, професор **Півень Олександр Наумович**, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, професор кафедри машин та апаратів хімічних і нафтохімічних виробництв.

**Провідна установа** – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, м. Харків.

**Захист дисертації відбудеться “ 31 ” березня 2005 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К55.051.03 при Сумському державному університеті за адресою: 40007, Україна, м. Суми, вул. Римського - Корсакова, 2.**

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Сумського державного університету (40007, Україна, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2).

Автореферат розіслано “28” лютого 2005 р.

**Вчений секретар**  
спеціалізованої вченої ради



**Є.М. Савченко**

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Підвищення якості одержуваних фракцій і збільшення потужностей одиничних установок викликають необхідність створення високопродуктивних і високоефективних контактних пристроїв для тарілчастих масообмінних апаратів.

Одним з методів підвищення ефективності колонного обладнання є конструктивний, який полягає в створенні контактних пристроїв, що дозволяють проводити тепло- і масообмін в інтенсивному режимі.

В даний час у хімічній і нафтопереробній промисловості широко використовуються колонні апарати з клапанними тарілками з перехресною течією фаз. Основна перевага цих тарілок полягає в забезпеченні стабільних гідродинамічних і масообмінних характеристик за рахунок саморегулювання вільного перетину для проходу газу (пари) при зміні його швидкості в апараті.

Клапанні тарілки, як показали дослідження їх масообмінних характеристик, можуть застосовуватися у процесах, де дифузійний опір зосереджено у газовій фазі, так і в процесах, де домінує опір у рідкій фазі.

Клапанні тарілки забезпечують ефективну роботу обладнання при зміні навантаження за фазами і мають високу продуктивність. Але вони не позбавлені деяких істотних недоліків, таких як обмежений діапазон саморегулювання і можливе заклинювання і перекося клапанів. Це обумовлює актуальність подальшого удосконалення конструкції та досліджень клапанних тарілок.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалась згідно з напрямком науково-технічної програми Міністерства освіти і науки України “Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі” та у відповідності з науковим напрямком роботи Сумського державного університету і кафедри прикладної екології “Екологічні проблеми хімічної технології, розробка прогресивних технологій та обладнання для хімічних виробництв”.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є вивчення процесу масопередачі на клапанних тарілках і розробка нової високоефективної клапанної тарілки.

Для досягнення мети були вирішені наступні задачі:

- вивчення впливу режимних та конструктивних параметрів на гідродинамічні характеристики клапанних тарілок зі сферичними клапанами;
- розробка методики гідродинамічного розрахунку клапанної тарілки зі

сферичними клапанами;

- дослідження провалу рідини і розрахунок граничних швидкостей газу в отворах тарілки для діапазону саморегулювання;
- дослідження процесу масопереносу в рідкій та газовій фазі;
- розробка інженерної методики розрахунку клапанної тарілки зі сферичними клапанами.

*Об'єкт дослідження* – гідродинаміка і масопередача на клапанних масообмінних тарілках.

*Предмет дослідження* – вплив технологічних і конструктивних параметрів на ефективність процесу масопередачі на клапанній тарілці зі сферичними клапанами.

*Методи дослідження.* Фізичне і математичне моделювання масообмінного процесу на клапанній тарілці. Фотоколориметричний. Витрати матеріальних потоків визначалися за допомогою програмного пакета LabVIEW. При обробці експериментальних даних використовувалися методи статистичного аналізу.

**Наукова новизна одержаних результатів.** На основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень отримані наступні наукові результати:

- розроблена математична модель роботи клапану масообмінної тарілки, яка дозволяє визначити діапазон саморегулювання клапанних тарілок з визначенням граничних швидкостей газу в отворах тарілок;
- отримані залежності для визначення гідродинамічного опору та ефективності масообміну клапанних тарілок зі сферичними клапанами.
- виконані дослідження та отримані результати, що дозволяють проводити розрахунок та проектування клапанних тарілок зі сферичними клапанами та установок з їх використанням.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані розрахункові залежності дозволили розробити і спроектувати клапанну тарілку зі сферичними клапанами для колонного обладнання, що використовується в масообмінних процесах, зокрема при виділенні широкої фракції легких вуглеводнів у процесі стабілізації нафти на Качанівському ВКПН.

**Особистий внесок здобувача** полягає в розробці методики і проведенні досліджень, як в експериментальному, так і в аналітичному плані, а саме: в аналізі джерел літератури, підборі і апробації методик дослідження, узагальненні отриманих результатів, розробці конструкції клапанної тарілки зі сферичними клапанами [3, 4, 5, 6, 7, 8], розробці методики розрахунку

мінімальної і максимальної швидкостей газу на тарілці [1], в одержанні залежностей масообмінних характеристик тарілки [2]. Постановка задачі і формулювання висновків проводилося під керівництвом наукового керівника д.т.н., професора Пляцука Л.Д.

**Апробація результатів дисертації.** Результати роботи доповідалися й обговорювалися на VI Міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих учених “Екологія. Людина. Суспільство” (14-17 травня 2003 р., м. Київ, Україна), на Міжнародному симпозиумі “Міжрегіональні проблеми екологічної безпеки” (17-20 вересня 2003 р., м. Суми, Україна) і на Науково-технічній конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів інженерного факультету Сумського державного університету (2003 р., м. Суми, Україна).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано три наукові праці в журналах і збірниках, затверджених ВАК України, три тези виступів на наукових конференціях, отримано два деклараційні патенти України.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури, додатків. Повний обсяг дисертації становить 145 сторінок, містить 50 рисунків, з яких 2 розміщені на окремих сторінках. В роботі наведено 16 таблиць. Список літературних джерел складає 123 найменування на 11 сторінках. Додатки містять 6 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтована актуальність теми досліджень, зв'язок з науковими програмами, сформульовані мета та задачі досліджень, їх наукова новизна та практичне значення, наведено основні дані щодо апробації роботи, публікацій, надано загальну характеристику роботи.

**У першому** розділі наведено результати патентного пошуку і огляду літературних джерел, присвячених методам дослідження контактних пристроїв колонних масообмінних апаратів і шляхам інтенсифікації процесів, що відбуваються на них. Приведено класифікацію контактних пристроїв, виходячи з характеру напрямку руху потоків на них. На підставі експериментально–теоретичних матеріалів визначені напрямки вивчення гідродинаміки і масообміну на клапанній тарілці. Розглянуті передумови для конструктивного оформлення контактної пристрою.

**В другому** розділі приведений опис експериментальних стендів,

конструкцій тарілок і методик дослідження. Для вирішення задач експериментального дослідження гідродинаміки і масовіддачі в рідкій фазі на клапанній тарілці на базі кафедри прикладної екології була сконструйована установка для гідравлічних і масообмінних дослідів (рис.1).

Рис. 1. Схема експериментальної установки по вивченню гідродинаміки і десорбції вуглекислого газу з води в повітря: К – колона; АК – абсорбційна колона; Б – балон з вуглекислим газом; Є – ємність; В – вентилятор; ЄЗР – ємність для збору рідини

Дослідження кінетичних закономірностей масовіддачі в рідкій фазі на клапанних тарілках проводилися в умовах десорбції вуглекислого газу з води потоком повітря.

Колонний апарат являв собою апарат прямокутної форми, розміри якого становили: висота 1500 мм, довжина 400 мм, ширина 260 мм.

Колона мала дві стінки, виготовлені з органічного скла для візуального спостереження і розподільний пристрій для подачі повітря в колону. В середині колони встановлювали три тарілки, перетином 260x400 мм, виготовлені з листового металу товщиною 2 мм. Конструкція колони дозволяла встановлювати тарілки на відстані 100, 200, 300 мм.

З метою підвищення ефективності і якості наукових досліджень,

лабораторний експериментальний стенд було автоматизовано і підключено до ПЕОМ з використанням аналого-цифрового і цифроаналогового перетворювачів (модулів АЦП і ЦАП).

Для вивчення масопереносу в газовій фазі була створена лабораторна установка для ректифікації бінарних систем у широкому діапазоні зміни концентрацій (рис.2).

Рис. 2. Схема експериментальної установки для поділу бінарних систем: РК – ректифікаційна колона; Н – насоси; КК – куб колони; Х – холодильник; Д – діафрагми; К – конденсатор; ЗД – збірник дистиляту; ПФ – підігрівач флегми

Суміш, що підлягала поділу, насосом накачувалася в куб колони. Обігрів куба здійснювався насиченою водяною парою тиском 1,6-1,7 МПа. Пара подавалася в двоходовий трубчастий випарник, вмонтований у куб.

Регулювання обігріву здійснювалося за зміною кількості гріючої пари, що подається у випарник або шляхом коректування кількості конденсату гріючої пари, який виходив з випарника.

У процесі експерименту для кожного режиму роботи стабілізувалася витрата і температура флегми, яка подається на зрошення колони, а також концентрація легкокиплячого компоненту суміші, що поділяється, під дослідженим контактним пристроєм.

При дослідженні впливу конструктивних параметрів тарілки на

ефективність масопереносу в умовах ректифікації в колону встановлювалися три тарілки. Верхня і нижня тарілки служили в якості розподільних для газу і рідини, а середня – в якості досліджуваної.

Порівняльні дослідження ефективності масопередачі на прямоточній тарілці, тарілці “Глітч” і тарілці зі сферичними клапанами проводилися в умовах ректифікації суміші метанол-вода на ректифікаційному стенді при нескінченному флегмовому числі ( $R=\infty$ ).

Клапанна тарілка зі сферичними клапанами (рис.3) містила полотно з газовими патрубками, виконаними в шаховому порядку, над якими встановлені клапани. Газові патрубки і клапани мають сферичну форму. Край газового патрубка, виконаний зубцюватим. Клапан виконано із трьома обмежувальними ніжками, розташованими під кутом  $120^\circ$ .

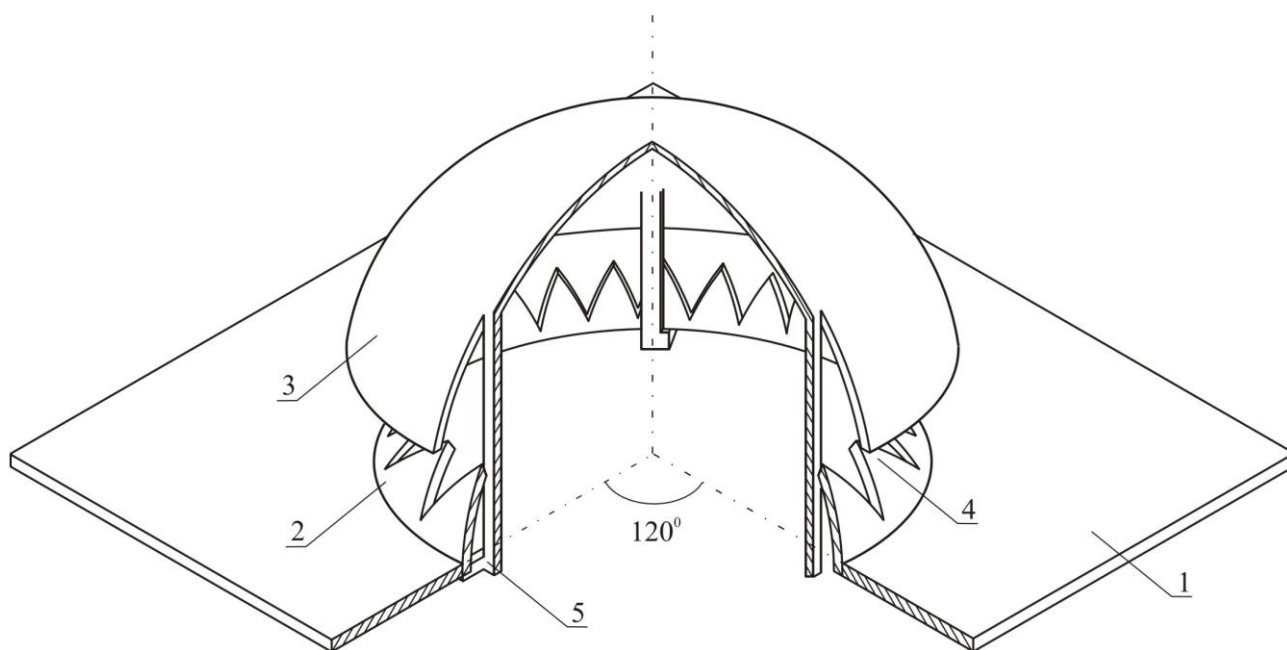


Рис. 3. Клапанна тарілка зі сферичними клапанами: 1 – полотно; 2 – газовий патрубок; 3 – клапан; 4 – зубцюватий край газового патрубка; 5 – обмежувальні ніжки

У залежності від задач дослідження експериментальні стенди оснащувалися тарілками з одним (тип А) або дев'ятьма клапанами (тип Б), що зображені на рис. 4.



тип Б

тип А

Рис. 4. Модифікації клапанних тарілок, тип А з одним клапаном, тип Б з дев'ятьма клапанами

У третьому розділі приведені результати експериментальних досліджень гідродинамічних характеристик клапанних тарілок. При вивченні гідродинаміки сухих контактних пристроїв була запропонована схема сил, що діють на клапан під час роботи тарілки, складене рівняння балансу сил (рис. 5).

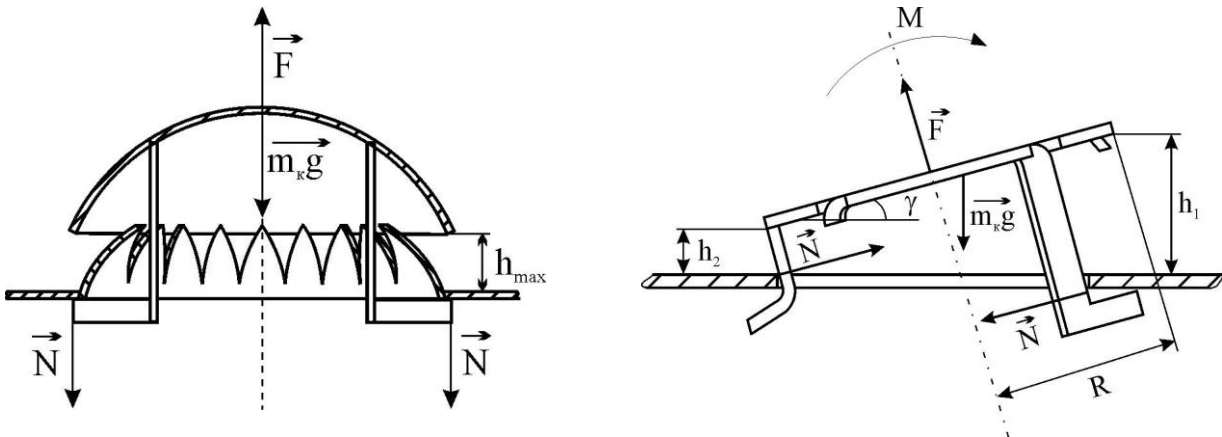


Рис. 5. Схема сил, що діють на клапан

Шляхом розв'язання рівняння була отримана залежність висоти підйому клапану від його конструктивних параметрів та швидкості газу в отворі під клапаном:

8

для клапанів перехресного типу:

$$h = \frac{W_p \cdot F}{\Gamma \cdot n} \sqrt{\frac{f_k \rho \Gamma}{2m_k g}}; \quad (1)$$

для клапанів прямооточного типу:

$$h = \frac{W_p F}{\Gamma \cdot n} \sqrt{\frac{f_k \rho_\Gamma R}{2m_k g \sqrt{R^2 + \Delta h^2}}}, \quad (2)$$

де  $\Gamma$  – параметр газорозподільного елемента, м;  $W_p$  – швидкість газу у вільному перетині колони, м/с;  $F$  – площа вільного перетину колони, м<sup>2</sup>;  $f_k$  – площа клапана, м<sup>2</sup>;  $m_k$  – маса клапана, кг;  $R$  – радіус клапана, м;  $\Delta h = (h_1 - h_2)/2$ , м;  $\rho_\Gamma$  – густина газу, кг/м<sup>3</sup>.

Крім того, з рівнянь (1, 2), задавши  $h_{min}$ ,  $h_{max}$ , знайдено значення швидкостей газу, що відповідають початкові і кінцю підйому клапанів. Це дозволяє вибрати робочі швидкості газу в колоні, що відповідають оптимальному гідродинамічному режиму роботи клапанних тарілок.

При вивченні гідродинаміки зрошуваних контактних пристроїв були отримані залежності для визначення мінімальної і максимальної швидкостей газу. Мінімальна швидкість газу в отворах тарілки, визначалася за формулою (3), що враховувала вплив маси клапану і висоти рідини на тарілці:

$$W_{0min} = \chi \left( 1 - \frac{W_{0p}}{\mu \sqrt{2g(h_w + h_{0w})}} \right) \sqrt{\frac{2[\rho_p g(h_w + h_{0w}) - \Delta P_\sigma]}{(2\xi + 1)\rho_\Gamma}}, \quad (3)$$

де  $\mu \approx 0,62$  – коефіцієнт витрати при витіканні;  $W_{0p}$  – швидкість рідини в отворах тарілки, м/с;  $\rho_p$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;  $h_w$  – висота зливної перегородки, м;  $h_{0w}$  – підпір рідини над зливною перегородкою, м; коефіцієнт  $\chi = \frac{8,33}{m_k}$ .

Максимальну швидкість газу в отворах тарілки знаходили за вже запропонованою схемою дії сил на клапан, але з урахуванням перепаду тиску рідини в зазорі під клапаном:

$$W_{0max} = \frac{h_{max} \Gamma \cdot n}{F \sqrt{\frac{f_k \rho_\Gamma}{2gm_k + P_3}}}, \quad (4)$$

де  $n$  – число клапанів на тарілці;  $h_{max}$  – максимальна висота підйому клапана, м;  $P_3$  – сила, що враховує перепад тиску в зазорі під клапаном, Па.

При оцінці ефективності роботи різних конструкцій барботажних тарілок важливе значення має з'ясування питання міжтарільчастого винесення рідини. Це пояснюється тим, що бризковинесення рідини газом визначає один з основних розмірів колони – відстань між тарілками. Винесення рідини знижує к.к.д. тарілки, змушує зменшувати швидкість газу в колоні, а отже, і знижує

продуктивність колони. Дані наших дослідів, показали, що винесення залежить від швидкості повітря у вільному перетині колони, від відстані між тарілками і від типу тарілок (рис. 6, 7).

Експериментальні дані щодо вивчення винесення оброблялися на основі рівняння (5):

$$E = C \frac{W_p^m}{H^n}, \quad (5)$$

де  $E$  – абсолютне винесення, %;  $H$  – відстань між тарілками, м;  $C$  – коефіцієнт, що залежить від глибини барботажу і фізико-хімічних властивостей газорідної системи; для системи повітря – вода і висоти зливної перегородки 50 мм він дорівнює  $3,6 \cdot 10^{-3}$ .

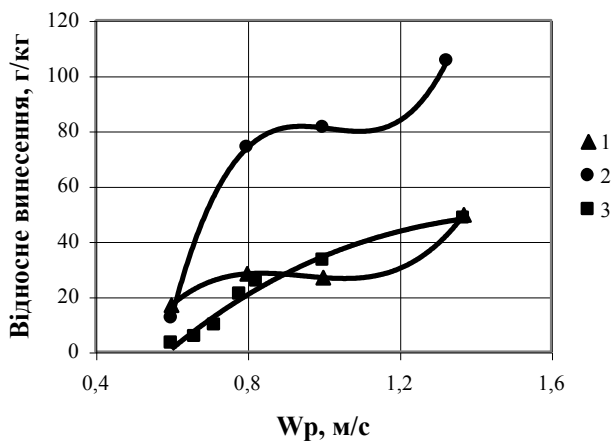


Рис. 6. Залежність відносного винесення рідини від швидкості повітря у вільному перетині колони, відстань між тарілками 200 мм: 1 – клапанна тарілка зі сферичними клапанами; 2 – тарілка “Глітч”; 3 – прямоточна тарілка

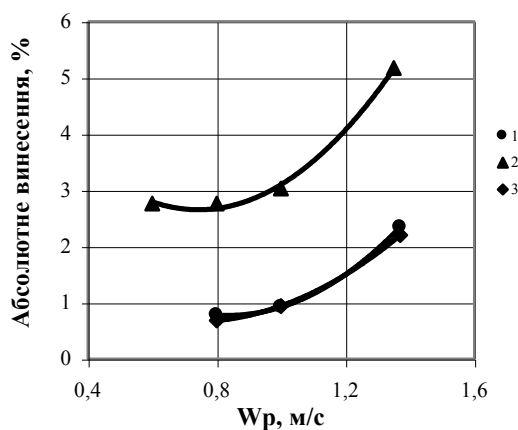


Рис. 7. Залежність абсолютного винесення рідини від швидкості повітря у вільному перетині колони, відстань між тарілками 200 мм: 1 – клапанна тарілка зі сферичними клапанами; 2 – прямоточна тарілка; 3 – тарілка “Глітч”

При усередненні отриманих величин для різних типів тарілок, визначено:

- для тарілки зі сферичними клапанами і тарілки “Глітч”  $m=2,7$  при  $W_p > 1$  м/с;
- для прямоточної тарілки  $m=1,7$  при  $W_p > 1$  м/с.

Показник ступеня  $n$  при  $H$  дорівнює 3.

При дослідженні гідравлічного опору зрошуваних клапанних тарілок було виявлено, що величина гідравлічного опору газорідного шару залежить як від конструктивних особливостей тарілки, так і від режимних параметрів.

Співставлення впливу висоти зливної перегородки і щільності зрошення рідини на гідравлічний опір зрошуваної тарілки свідчить, що більш сильний вплив на нього здійснює висота зливної перегородки (рис. 8, 9).

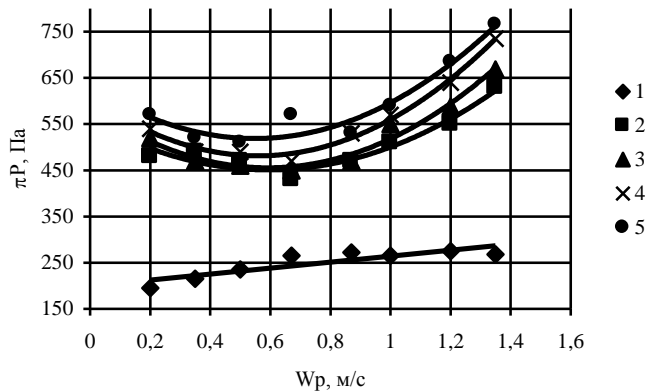


Рис. 8. Опір клапанної тарілки в залежності від швидкості повітря у вільному перетині колони: 1 – без зливної перегородки; 2 –  $h_w = 20 \cdot 10^{-3}$  м; 3 –  $40 \cdot 10^{-3}$  м; 4 –  $50 \cdot 10^{-3}$  м; 5 –  $60 \cdot 10^{-3}$  м

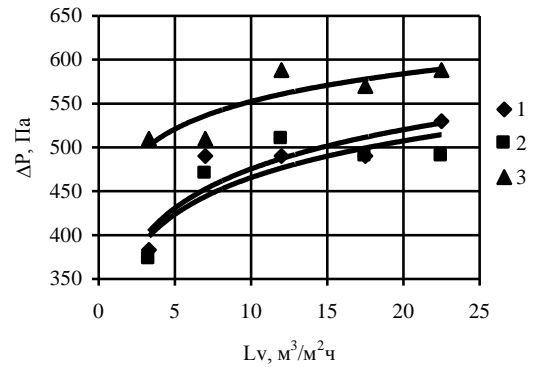


Рис. 9. Опір тарілки зі сферичними клапанами в залежності від щільності зрошення: 1 –  $W_p = 0,2$  м/с; 2 –  $0,5$  м/с; 3 –  $1,0$  м/с

У четвертому розділі досліджується процес масообміну на клапанній тарілці. Аналіз графічної залежності масовіддачі в газовій фазі від швидкості газу в колоні проводився за залежністю  $\beta_{Lf} \sim W_p^n$ , і показав, що вона складається з двох ділянок, причому кожна з ділянок кривої відповідає визначеному гідродинамічному режиму роботи тарілки.

При швидкостях газу, що відповідають несталому гідравлічному режиму  $\beta_{Lf}$  слабо залежить від швидкості газу, показник ступеня при  $W_p$  дорівнює 0,4 незалежно від конструктивних параметрів тарілки.

При швидкостях газу, які відповідають розвинутому барботажному режимові роботи тарілки експериментальні дані розшаровуються на ряд паралельних прямих у залежності від конструктивних параметрів тарілки (рис.10).

Вигляд залежності  $\beta_{Lf} / h_{cm}^{0,75} = f(W_p)$  можна пояснити тим, що в

несталому режимі масообмін буде тим ефективнішим, чим вища швидкість руху газових струменів. Зі збільшенням швидкості газу на тарілці відбувається

інтенсивна взаємодія газу і рідини по всьому шару рідини, створюються сприятливі умови для безперервного утворення і відновлення поверхні контакту фаз.

У зв'язку з викладеним вище, обробка експериментального матеріалу по масообміну в рідкій фазі для несталого і барботажного режимів проводилася окремо.

У результаті обробки експериментальних даних отримано емпіричне рівняння для визначення коефіцієнту масовіддачі в рідкій фазі в несталому режимі:

$$\beta_{Lf} = 0,175 \cdot W_p^{0,4} \cdot h_{cm}^{0,75}. \quad (6)$$

Обробка експериментальних даних у барботажному режимі проводилася за рівнянням:

$$\beta_{Lf} = A \cdot W_p^n \cdot h_{cm}^m \cdot t^K, \quad (7)$$

де в якості визначального конструктивного параметру  $t$  приймався розмір основи трикутного вирізу на газовому патрубку клапану, що разом зі швидкістю газу в отворі тарілки  $W_p$  характеризує інтенсивність взаємодії газорідних струменів;  $h_{cm}$  – висота статичного шару на тарілці, м.

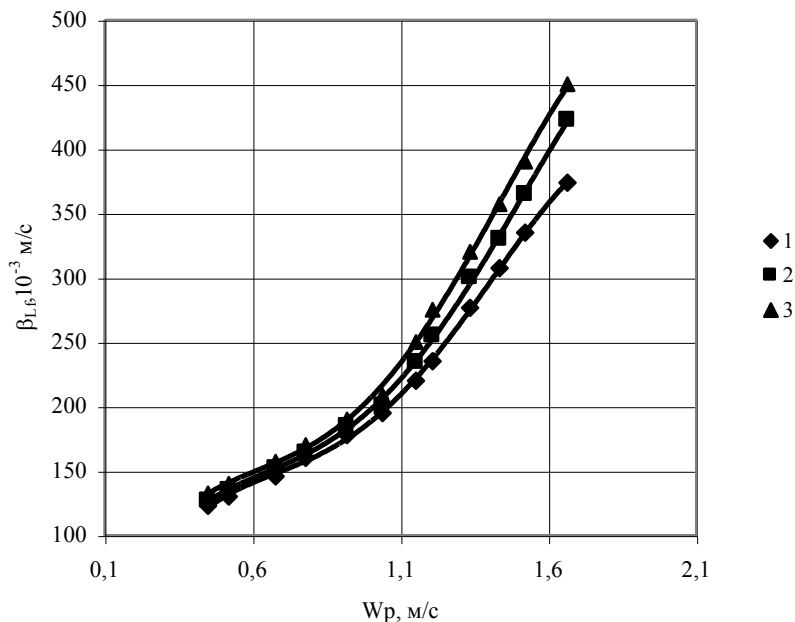


Рис. 10. Вплив швидкості газу на коефіцієнт масовіддачі в рідкій фазі:  
1 –  $t=10$  мм; 2 –  $t=4$  мм; 3 –  $t=6$  мм

На рис. 11 наведена залежність  $\beta_{Lf}$  від конструктивного параметра тарілки  $t$ . Як видно з рисунку, коефіцієнт масовіддачі при постійних  $h_{cm}$  і  $W_p$  падає відносно оптимального розміру основи трикутного вирізу, як із збільшенням  $t$ ,

так і з його зменшенням. Це обумовлюється тим, що при збільшенні  $t$  швидкість газу у вирізах газового патрубку падає, що зменшує інтенсивність взаємодії газу і рідини. При зменшенні  $t$  швидкість газу у вирізах різко зростає, і газові струмені починають виходити на поверхню рідини, не роздібившись на бульбашки. Зменшується поверхня контакту фаз.

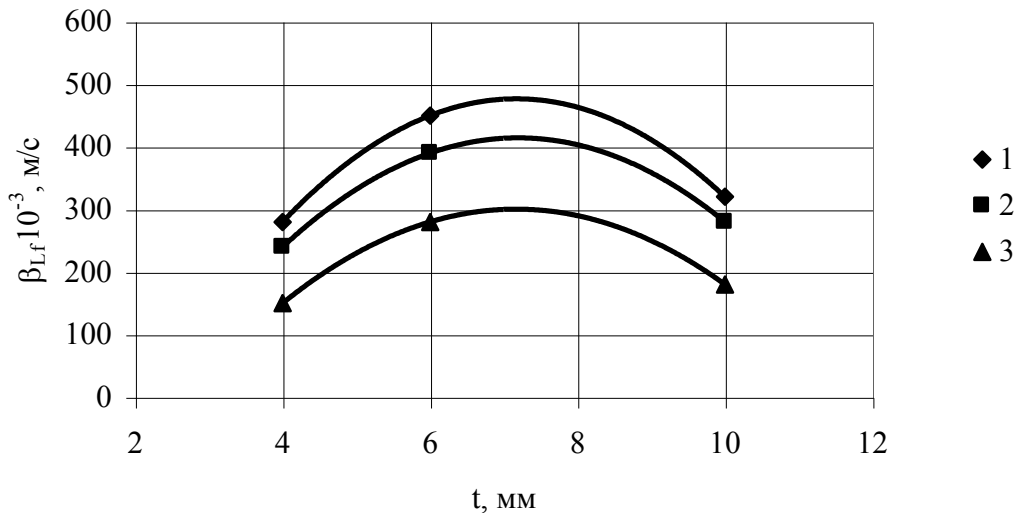


Рис. 11. Вплив розміру основи трикутного вирізу в газовому патрубку на коефіцієнт масовіддачі в рідкій фазі: 1 –  $W_p = 1,2$  м/с; 2 –  $W_p = 1,4$  м/с; 3 –  $W_p = 1,9$  м/с

У результаті обробки експериментальних даних було отримано рівняння наступного вигляду:

$$\beta_{L_f} = 0,416 \cdot 10^{-3} W_0^{0,95} \cdot h_{cm}^{-0,75} \cdot t^{0,46}. \quad (8)$$

При вивченні масовіддачі в газовій фазі, на прикладі процесу ректифікації суміші метанол-вода була вивчена залежність ефективності тарілки за Мерфрі від швидкості пари на тарілках, що відрізняються висотою зливної перегородки (рис. 12).

Характер кривих  $E_{MG} - W_p$  показує, що при збільшенні висоти зливної перегородки ефективність за Мерфрі зростає, що пов'язано зі збільшенням запасу і часу перебування рідини на тарілці.

Але збільшення висоти зливної перегородки спричиняє зростання гідравлічного опору тарілки, що приводить до збільшення експлуатаційних витрат на проведення процесу масообміну.

Були проведені також порівняльні дослідження ефективності масопередачі на прямоточній тарілці, тарілці “Глітч” і клапанній тарілці зі сферичними

клапанами. Дослідження проводилися при нескінченному флегмовому числі ( $R=\infty$ ) (рис. 13).

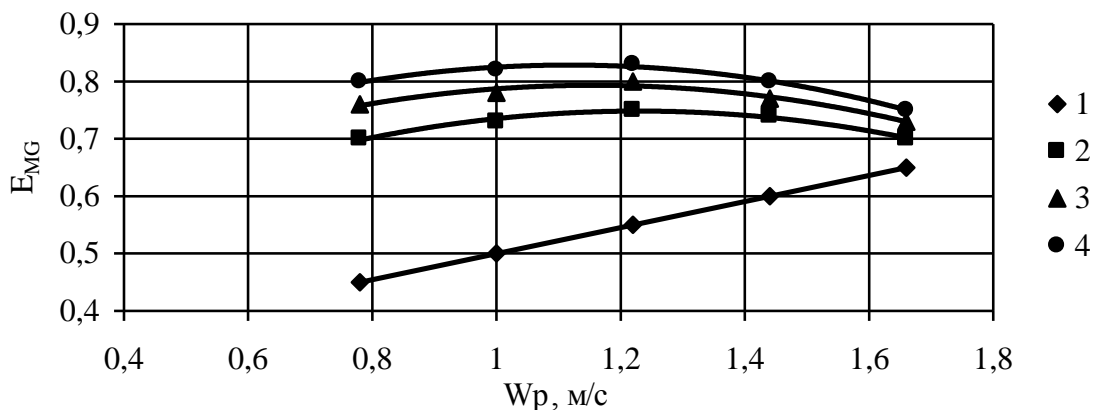


Рис. 12. Залежність ефективності тарілки зі сферичними клапанами за Мерфрі від швидкості пари для системи метанол-вода: 1 – без зливної перегородки; 2 –  $h_w = 20 \cdot 10^{-3}$  м; 3 –  $40 \cdot 10^{-3}$  м; 4 –  $60 \cdot 10^{-3}$  м

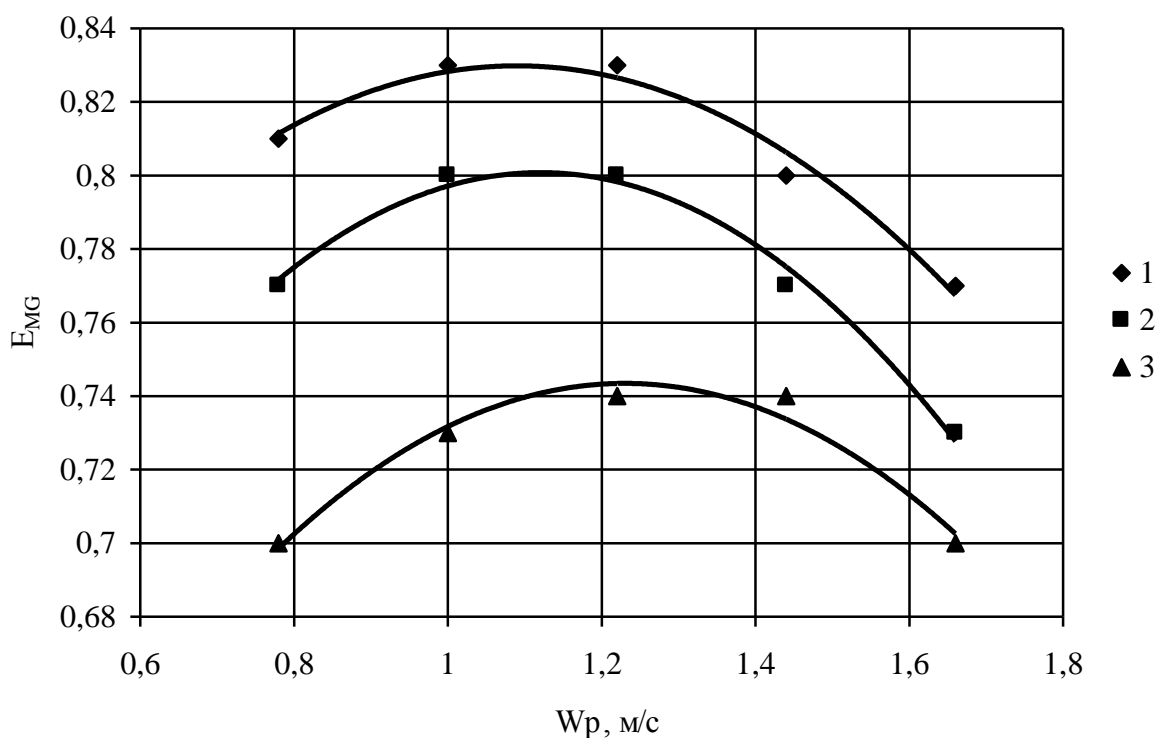


Рис. 13. Залежність ефективності тарілок за Мерфрі від швидкості пари у вільному перетині тарілки: 1 – тарілка зі сферичними клапанами; 2 – тарілка “Глітч”; 3 – прямоточна тарілка

Дослідження свідчать про високу ефективність клапанної тарілки зі сферичними клапанами у порівнянні з прямоточною тарілкою і тарілкою “Глітч”.

Також була проаналізована залежність ефективності клапанних тарілок за Мерфрі від гідравлічного опору. Аналіз цієї залежності дозволив зробити висновок, що гідравлічний опір клапанної тарілки зі сферичними клапанами лежить у тому ж діапазоні, що й опір інших тарілок, а ефективність вища. Це пояснюється кращою гідродинамічною обстановкою на тарілці, яка у свою чергу обумовлена більш ефективним використанням енергії газового струменя, що виходить з-під клапану (рис. 14).

За рахунок дроблення газових бульбашок на зубцюватих прорізах патрубків, створення потужних циркуляційних струмів бульбашками і струменями газу відбувається створення більш розвиненої поверхні контакту фаз.

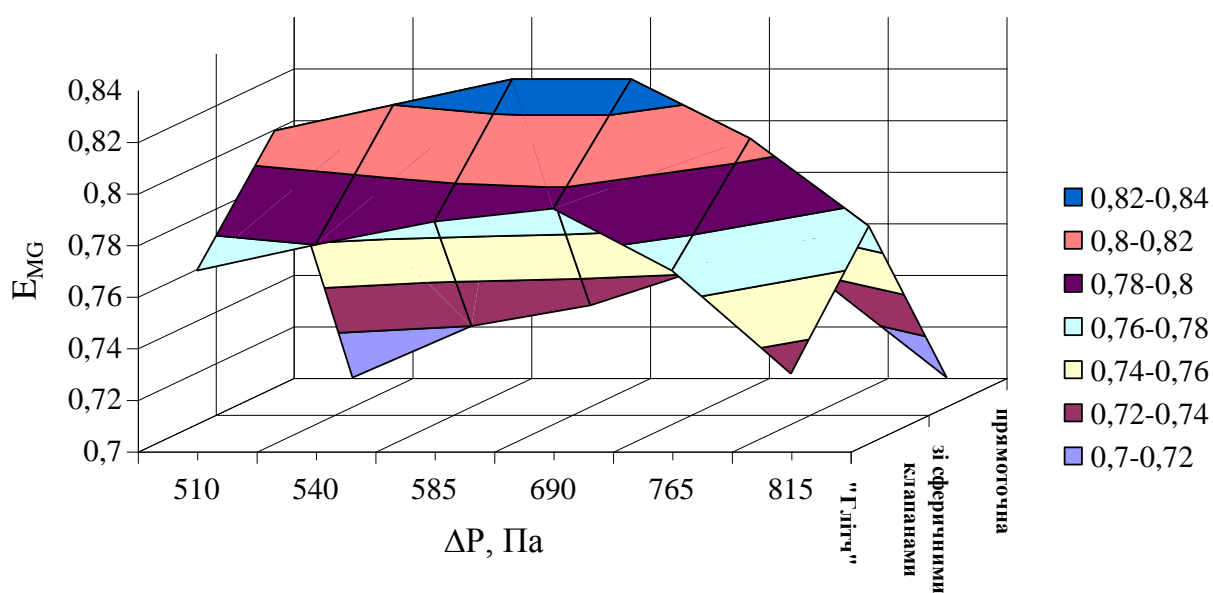


Рис. 14. Ефективність клапанних тарілок за Мерфрі, у залежності від гідравлічного опору тарілки

У п'ятому розділі приведені результати промислового впровадження результатів дисертаційного дослідження. Спільно зі СП "Технополіс" нами була проведена модернізація колони виділення ШФЛВ в процесі стабілізації нафти на Качанівському ВКПН. Модернізація колони полягала в заміні ковпачкових тарілок на клапанні тарілки зі сферичними клапанами. У результаті проведеної модернізації було досягнуто збільшення виходу товарної фракції на 1875 кг/год або 15000 т/рік.



У додатку наведені результати експериментальних досліджень і акт промислового впровадження результатів дисертаційної роботи при проведенні модернізації колони виділення ШФЛВ в процесі стабілізації нафти на Качанівському ВКПН.

## ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена рішенням науково-практичної задачі підвищення масообмінних характеристик тарілчастих контактних пристроїв колонних масообмінних апаратів, що дає можливість підвищити ефективність роботи масообмінного обладнання цілого ряду галузей промисловості.

У результаті проведеного дослідження отримані наступні наукові результати і практичні рекомендації:

- розроблено математичну модель роботи клапану масообмінної тарілки, що дозволяє визначити діапазон саморегулювання клапанних тарілок з визначенням граничних швидкостей газу в отворах тарілок;

- визначено конструктивні параметри і режими роботи клапанної тарілки зі сферичними клапанами;

- отримані залежності для визначення гідродинамічного опору та ефективності масообміну клапанних тарілок зі сферичними клапанами;

- виконані дослідження та отримані результати дозволяють проводити розрахунок та проектування клапанних тарілок зі сферичними клапанами та установок з їх використанням;

- проведено модернізацію колони виділення ШФЛВ в процесі стабілізації нафти на Качанівському ВКПН.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Модель роботи одиночного клапана масообмінної тарілки ректифікаційної колони стабілізації нафти/ Пляцук Л.Д., Шевченко О.С., Васькін Р.А., та інш.// Хім. пром. Укр.-2003.-№1.-С. 31-33.

Дисертантом запропоновано методику визначення мінімальної і максимальної швидкостей газу на клапанних тарілках для діапазону саморегулювання клапанів.

2. Изучение массопереноса в газовой фазе на клапанной тарелке/ Пляцук Л.Д., Шевченко А.С., Васькин Р.А., Шкарупа В.Ю.// Хім. пром. Укр. – 2003. – №2. – С. 32-34.

У ході експериментальних досліджень і математичної обробки результатів дисертантом запропоновані рівняння для визначення величини масопереносу в газовій фазі на клапанній тарілці.

3. Клапанная тарелка для процессов рекуперации растворителей/ Васькин Р.А., Пляцук Л.Д.// Труды Міжнар. науково-практ. конф. "Екологія. Людина. Суспільство". – Київ: НТУ КПП. – 2003. – С. 110-111.

Здобувачем запропоновано конструкцію клапанної тарілки зі сферичними клапанами.

4. Высокоэффективное контактное устройство для переработки углеводородного сырья/ Гаранжа А.В., Васькин Р.А., Пляцук Л.Д.// Материалы научно-технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов инженерного факультета СумГУ. – Сумы: Изд-во СумГУ, 2003. – Вып.4. – С.68.

5. Модернизация колонны стабилизации нефти на Качановском ГПЗ/ Васькин Р. А.// Сборник тезисов международного симпозиума "Межрегиональные проблемы экологической безопасности". – Сумы: Изд-во "Довкілля" 200. – С.47.

6. Васькин Р.А. Модернизация колонны стабилизации нефти на Качановском месторождении// Вісник Сумськ. держ. унів. Сер. Техн.науки. – 2004. – №2(61). – С. 90-92.

Здобувачем запропоновано спосіб модернізації колони стабілізації нафти на Качанівському ВКПН, визначено геометричні розміри контактної пристрою, проведено технологічні розрахунки.

7. Декл. пат. 52173 Україна, МПК №B01D3/30. Клапанна тарілка для масообмінних апаратів /Пляцук Л.Д., Шевченко О.С., Васькін Р.А. Заявл. 15.02.02. Опубл. 16.12.02, Бюл. № 12.

Здобувачем було запропоновано нову конструкцію контактної пристрою колонних масообмінних апаратів.

8. Декл. пат. 67487 Україна, МПК №B01D3/30. Клапанна тарілка для масообмінних апаратів / Пляцук Л.Д., Шевченко О.С., Васькін Р.А. Заявл. 06.10.03. Опубл. 15.06.04, Бюл. № 6.

Здобувач запропонував нову конструкцію клапанної тарілки.

## АНОТАЦІЯ

**Васькін Р.А. Дослідження гідродинаміки і масопередачі на клапанній тарілці зі сферичними клапанами. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології. – Сумський державний університет, Суми, 2005.

Дисертація присвячена вивченню гідродинаміки і масопередачі на клапанній тарілці зі сферичними клапанами, призначеної для процесів ректифікації та абсорбції. Вивчено гідродинамічні особливості роботи тарілок, виявлено три режими тарілок, визначені гідродинамічні показники роботи тарілок: гідравлічний опір сухої і зрошеної тарілки, міжтарільчасте винесення рідини. На підставі запропонованої схеми дії сил на клапан масообмінної тарілки розроблена методика визначення мінімальної і максимальної швидкості в отворах тарілки в режимі саморегулювання. Отримано залежності для визначення коефіцієнтів масовіддачі в газовій і рідкій фазах. Розроблено інженерну методику розрахунку клапанної тарілки зі сферичними клапанами. Запропонована конструкція клапанної тарілки була впроваджена при модернізації ректифікаційної установки стабілізації нафти на Качанівському ВКПН.

**Ключові слова:** контактні пристрої масообмінних апаратів, гідравлічний опір, масообмін, віднесення, клапанна тарілка, сферичний клапан.

## **АННОТАЦІЯ**

**Васькин Р.А. Исследование гидродинамики и массопередачи на клапанной тарелке со сферическими клапанами. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 – процессы и оборудование химической технологии. – Сумский государственный университет, 2005.

Диссертация посвящена изучению гидродинамики и массопередачи на клапанной тарелке со сферическими клапанами, предназначенной для процессов ректификации и абсорбции. Предложена и защищена патентом Украины конструкция клапанной тарелки со сферическими клапанами, позволяющая за счет дробления газовых струй на зубчатых прорезях газовых патрубков калапанов увеличить поверхность контакта взаимодействующих фаз.

Детальные исследования гидродинамики и массообмена, проведенные соискателем, позволили выполнить инженерные расчеты конструкции клапанной тарелки со сферическими клапанами, испытать ее работу в

производственных условиях и сделать вывод о целесообразности внедрения ее в производство. Изучены гидродинамические особенности работы тарелок, выявлены три режима тарелок, определены гидродинамические показатели работы тарелок: гидравлическое сопротивление сухой и орошаемой тарелки, межтарельчатый унос жидкости. Показано, что за счет направленного выхода газовых струй из-под клапанов снижается скорость выхода газа на поверхность жидкости, что в свою очередь уменьшает унос жидкости на вышележащую тарелку и позволяет сократить расстояние между тарелками. На основании предложенной схемы действия сил на клапан массообменной тарелки разработана методика определения минимальной и максимальной скорости в отверстиях тарелки в режиме саморегулирования. Исследована кинетика массообмена. Получены зависимости для определения коэффициентов массоотдачи в газовой и жидкой фазах, в зависимости от режимных и конструктивных параметров тарелки. Конструкция разработанной клапанной тарелки показала высокую эффективность при проведении лабораторных и промышленных испытаний, по сравнению с широко применяемыми клапанными тарелками.

Разработана инженерная методика расчета клапанной тарелки со сферическими клапанами. Предложенная конструкция клапанной тарелки была внедрена при модернизации ректификационной установки стабилизации нефти на Качановском УКПН.

**Ключевые слова:** контактные устройства массообменных аппаратов, гидравлическое сопротивление, массообмен, унос, клапанная тарелка, сферический клапан.

## SUMMARY

**Vaskin R.A. Research of hydrodynamics and masstransfer on the valve tray with spherical valve. – Manuscript.**

Thesis on competition for scientific degree candidate of technical science on specialty 05.17.08 – process and equipment of chemical technology. – Sumy State University, Sumy, 2005.

The dissertation is devoted to studying of hydrodynamics and masstransfer on valve tray with the spherical valves, intended for rectification and absorption. Hydrodynamics features of trays' work are investigated, three modes of trays are revealed, hydrodynamic parameters of work of trays are determined: hydraulic resistance of a dry and irrigated tray, middle trays ablation of a liquid. On the basis of

the offered scheme of forces action on the valve massexchange trays the technique of definition of the minimal and maximal speed in apertures of a plate in a mode of self-regulation is developed. Dependences for definition of factors masstransfer in gas and liquid phases are received. The engineering design procedure of valve trays with spherical valves is developed. The offered design of valve trays was introduced at modernization rectification set of oil stabilization on Kachanovka UCPO.

**Key words:** massexchange contact devices, hydraulic resistance, massexchange, ablation, valve tray, the spherical valve.



Підписано до друку 18.02.2005

Наклад 100 прим.

Замовл. №

Умовн.друк.арк. 0,9

Формат 60x84/16.

Обл.-вид.арк. 1,29

---

Друкарня